Communications Research Centre

REVIEW OF HEALTH AND SAFETY ASPECTS OF VIDEO DISPLAY TERMINALS

by

W.C. TREURNIET

Government of Canada
Department of Communications

Gouvernement du Canada
Ministère des Communications

CRC TECHNICAL NOTE NO. 712-E

OTTAWA, FEBRUARY 1982

Canada

85-6274/

COMMUNICATIONS RESEARCH CENTRE

DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS
CANADA

REVIEW OF HEALTH AND SAFETY ASPECTS OF VIDEO DISPLAY TERMINALS

by

W.C. Treurniet

(Informatics Applications Management Branch)

CRC TECHNICAL NOTE NO. 712-E

February 1982
OTTAWA

CAUTION
This information is furnished with the express understanding that:
Proprietary and patent rights will be protected.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT 1

1. INTRODUCTION 1

2. FATIGUE 2

2.1 Visual Fatigue 2
2.1.1 Reflections 2
2.1.2 Contrast Glare 3
2.1.3 Display Quality 3
2.1.4 Ophthalmological Deficiencies 4

2.2 Skeletal Muscle Fatigue 5

3. ENVIRONMENTAL CONDITIONS 6

4. JOB CHARACTERISTICS 7

5. ELECTROMAGNETIC EMISSIONS 8

6. CONCLUSIONS 9

7. REFERENCES 9

APPENDIX A – **Annotated Bibliography** 13

A1. Visual Effects 13

A2. Postural Effects 28

A3. Job Characteristics 30

A4. Radiation 31

REVIEW OF HEALTH AND SAFETY ASPECTS OF VIDEO DISPLAY TERMINALS

by

W.C. Treurniet

ABSTRACT

The paper reviews the factors that contribute to worker complaints when video display terminals are introduced into the workplace. Survey data from field experiments indicate that a number of ergonomic factors and job characteristics can contribute to reports of discomfort from VDT users. Specifically, reports of visual discomfort are related to improper ambient lighting (which can cause bothersome reflections and contrast glare), poor display quality, and ophthalmological deficiencies. Reports of muscle pain and fatigue are related to poor workstation design such as improper heights of chair, keyboard, and display screen, and absence of source document holder, and no support for the forearms and wrists. The literature suggests further that the frequency of such complaints is influenced by the worker's attitude regarding the job. A negative attitude arising from performing a meaningless, routine task, or from having no opportunities for career advancement, will result in more complaints due to ergonomic shortcomings.

The review also considers the issue of electromagnetic emissions from television displays. Recent surveys show that modern VDTs do not emit detectable radiation.

1. INTRODUCTION

Video display terminals (VDTs) are rapidly becoming the dominant interface between humans and modern information processing equipment in various environments. The spreading use has created concern about potentially harmful effects on the operator. Most dramatic were claims that the VDTs emitted electromagnetic radiation capable of producing undesirable biological changes. The resultant focussing of scientific attention on the VDT in the workplace, identified various ergonomic requirements that were often not met.

Inadequate VDT and workplace design was considered responsible for a number of operator complaints related to the use of VDTs. Shortcomings in functioning of the visual system were also identified as possible causes of complaints. Finally, psychological effects of task structure has recently prompted examination of the relation between job design and worker acceptance of VDTs. Evaluation of potentially negative effects of VDT usage in the context of the total working environment renders the task much more complex than when considering only the VDT and the operator.

This review examines current knowledge about the effects of VDT usage on the health and safety of the operator. The issue will be considered from the following perspectives: (1) visual and skeletal muscle fatigue due to inadequate VDT and workplace design, (2) environment and job characteristics, and (3) electromagnetic emissions. Much of the subjective data has been obtained from field studies which notoriously suffer from lack of adequate experimental control. For example, the control group may not have performed exactly the same job as the experimental group, or the percentage of survey questionnaires returned was so low that any differences between experimental conditions may be easily attributed to biased sampling. In spite of the methodological problems, it was possible to extract from the literature a consensus about the sources of problems associated with introduction of VDTs into the workplace. An annotated bibliography of relevant papers is attached as Appendix A.

2. FATIGUE

Complaints from VDT operators are usually divided into two categories. One category describes effects of visual fatigue, and the other describes effects of skeletal muscle fatigue. Visual fatigue results from various qualities of the display and its surroundings such as brightness and contrast. Skeletal muscle fatigue is accelerated by improper posture or support resulting from poor workplace design. This section expands upon these two kinds of fatigue.

2.1 VISUAL FATIGUE

The symptoms of visual fatigue experienced by VDT operators are described in the literature. Examples are irritation, discomfort, or watering of the eyes, dull headaches, loss of visual acuity, blurred or double images, and difficulty in keeping eyes open (*Ostberg, 1975; Bedwell, 1978; Elias et al., 1980; Smith, 1979*). Field studies of VDT workplaces have attributed responsibility for these complaints to some characteristics of the operator, of the display and of the environment. Specifically, reflections, contrast glare, poor image quality, and a number of ophthalmological deficiencies are the major factors blamed for visual fatigue.

2.1.1 Reflections

Reflections from the VDT screen and the keys on some keyboards are either diffuse reflections or specular reflections. Diffuse reflections originate from an indirect light source and can reduce display contrast by

raising the background luminance of the display. This is not a serious problem as long as the background luminance does not exceed approximately 20 cd/m^2. The operator can usually increase the brightness of the display to achieve the recommended figure to ground contrast of 10:1 (*Cakir et al., 1980*). Specular reflections, however, have more serious consequences. These occur when the screen acts as a mirror to reflect images of the immediate environment which could contain direct light sources or other objects. Specular reflections can interfere in at least two ways with viewing the display contents. The added luminance due to the reflected image may cause discomfort due to glare when the source is of sufficient brightness. A more serious problem is the division of attention imposed by the reflection. Mental workload is increased when the operator must distinguish which elements of the visual array are or are not to be ignored. Further, since the focal planes of the displayed and reflected information lie at different distances from the eyes, either one or the other is perceived as a double image. Attempts to correct the double image defocusses the alternate image. Thus, there is a tendency for the accommodation position to oscillate between the two planes (*Cakir, 1980*).

Daylight from windows is the main source of reflections on VDT screens. Positioning the screen so that it is perpendicular to the plane of the window minimizes the reflection. The literature also recommends that screens be positioned perpendicular to flourescent lighting on the ceiling. Screen filters are also recommended to reduce reflections. However, these should be selected with caution. Some cause drastic reductions in screen luminance, and may even result in additional reflections from the filter surface. Keys on keyboards should have a matt finish to minimize discomfort from that source.

2.1.2 Contrast Glare

Contrast glare is another characteristic of the display and its environment that can contribute to operator complaints (*Ostberg, 1975; Stewart, 1979*). If a VDT operator is facing a bright window or is in a brightly lit room, pupillary size will vary drastically as the field of view moves from the bright areas to the relatively darker area of the screen surface. These sudden demands on the iridomotor system are correlated with feelings of discomfort. An apparent solution is to lower the light level in the room so that it corresponds more closely to the brightness of the screen. However, in many task environments, the VDT operator must also read paper documents for which sufficient light is required. A room light level of about 300 lux has been recommended as a compromise for the conflicting requirements (*Cakir et al., 1980*).

2.1.3 Display Quality

The quality of the displayed information influences the amount of effort an operator must expend to read the display. Display quality is multi-dimensional and various characteristics need to be considered. Dot matrix characters should be at least 5x7, and 7x9 is usually the preferred minimum for good legibility. Character heights should be at least 3 or 4 mm, and the angle subtended should be 15 to 20 min of arc. Character widths should be about .7 or .8 of the height. The dot size should be sufficiently large to create the impression of a continuous stroke. Recommendations for spacing between characters on a row vary from a space that is just discernible to one-half of a character height. The space between rows of characters is generally

recommended to be about 100 to 150 percent of the character height. Characters should have a contrast of 10:1 relative to the background luminance of the screen (e.g., *Cakir et al., 1980*).

Although most VDTs currently display bright characters on a dark background (positive contrast), recent work indicates that dark characters on a bright background (negative contrast) results in better operator performance. Further, observers almost unanimously preferred negative contrast over positive contrast (*Radl, 1980; Bauer and Cavonius, 1980*). However, to avoid the presence of flicker on the display with negative contrast, the refresh rate needs to be in the range of 70 to 100 Hz. A display with negative contrast has a higher luminance than one with positive contrast. Thus, contrast sensitivity of the eye is improved, the resulting reduced pupil size gives improved depth of field, and the speed at which accommodation can change is increased (*Bauer and Cavonius, 1980*). The increased depth of field may be especially important to older operators who have lost much of their ability to accommodate.

The best colour for a monochrome display has also been the subject of some research. Green is often recommended because the visual system appears most sensitive to that colour (*Stewart, 1979*). However, in a study that compared the effect of green and yellow characters on task performance and a number of visual parameters including acuity and colour adaptation, yellow appeared more desirable than green (*Haider et al., 1980*).

Another study compared relative performance and preference with green, yellow-green, two hues of yellow, two hues of orange, and white. Again, the yellow hues gave better performance than green and were also more preferred. Poorest performance and the lowest preference scores were obtained with the orange hues (*Radl, 1980*).

2.1.4 Ophthalmological Deficiencies

It has been stated that as high as 30 percent of the population has uncorrected or inadequately corrected vision (*Cakir et al., 1980; Stewart, 1979*). These people are most likely to suffer from eyestrain even when using a well designed display and environment. Common defects are presbyopia, cataracts, oculo-motor imbalance, and convergence insufficiency.

Presbyopia, which becomes more prevalent with age, is the progressive reduction in the ability of the lens to accommodate over a wide range. This condition is a handicap when the screen and source documents lie at different distances from the eyes. Therefore, it is often recommended that the screen and source documents be placed at similar distances from the eye to reduce accommodation fatigue and to help the presbyopic operator (*Stewart, 1979*).

Convergence insufficiency is a defect in binocular vision characterized by blurring or double vision. These symptoms are a result of inaccurate merging of the input to each eye to form a binocular image. The symptoms can be diagnosed as a refractive error and mistakenly treated with corrective lenses rather than orthoptic exercises. Approximately 10 percent of ophthalmology patients may have this condition (*Mahto, 1972*).

Eye motion is controlled by six muscles. To achieve a given movement, at least two muscles must act cooperatively, one with increasing tension and the other with decreasing tension. Oculo-motor imbalance occurs when poor cooperation among the muscles results in unnecessary muscle tension. The abnormal tension can result in pain and fatigue (*Ostberg, 1975*).

Cataracts are cloudy spots in the lens of the eye. When the spots become large enough, partial or complete blindness can result. Although the frequency of identification of cataracts increases with age, the occurrence of cataracts in relatively young people between the ages of 35 and 45 has been reported to be about four percent (*Marshall, 1981*).

It has been suggested that viewing a VDT screen may be eased even for people with no refractive errors by fitting them with lenses that permit the wearer to focus at infinity while viewing the screen. Although this may combat myopic spasms that can occur following much near viewing, there is also some indication that conflict with the convergence subsystem may result. Accommodation and convergence are interdependent, and when the need for accommodation is removed, the still present need for convergence may cause eye strain (*Hartridge, 1919*). Perhaps lenses could be combined with prisms to remove the need for both accommodation and convergence at a predefined viewing distance. The assumption of one viewing distance is probably not valid for most work environments, however.

A need to improve the near point without decreasing the far point of accommodation is met for a number of people by prescribing bifocals. However, bifocals designed to facilitate reading from a paper source may require adoption of tiring postures when used to read from the VDT screen (*Stewart, 1979*). Therefore, optometrists need to prescribe bifocals suitable for the task of viewing VDT screens (*Bedwell, 1978*).

It is clear that existing defects of the visual system enhance the likelihood of fatigue from viewing a VDT. It is not as clear whether prolonged viewing causes permanent visual defects. Continuous near viewing is held by some to encourage the development of myopia. For example, Young (1981) found intraocular pressure to increase in monkeys as power of accommodation increased. He suggested that the increased pressure maintained for long periods was responsible for the lengthening of the eye to produce permanent myopia. However, Taylor (1981) maintained that there is no evidence from epidemiological studies that near work results in long-term changes in myopia. Ostberg (1980, 1981) found that intense VDT viewing induced a temporary presbyopia by causing the near point of accommodation to move farther away. Haider et al., (1980) found effects of VDT viewing on acuity and colour perception, but these effects were also temporary. Thus, it appears that prolonged VDT viewing temporarily affects the functioning of the eyes. However, there is no evidence that permanent changes occur.

2.2 Skeletal Muscle Fatigue

Nelson and Ladan (1976) showed that clerical office workers experience systematic variations in subjective fatigue over the course of a day or week. Fatigue was relatively high and constant during the morning hours, but decreased monotonically during the afternoon. Further, fatigue was relatively high on

Mondays and Fridays but low during the intervening days. Motivational and cognitive factors as well as muscle fatigue were suggested as explanations of these variations.

Corlett and Manenica (1980) investigated the use of reported pain and discomfort to measure the effect of sustained postures. Discomfort was found to be a function of maximum endurance time. That is, the amount of reported discomfort at a given time was proportional to the percentage of the total endurance time already experienced. Further, a 3/4 hour rest pause had a relatively small ameliorating effect on the amount of reported pain, and had no effect on the rate of increase of discomfort. The study concludes that maintenance of body postures for most of the working day will result in considerable pain.

These two studies suggest a priori that VDT operators will experience bodily discomfort if they work continuously for relatively long periods of time. It is not surprising, therefore, that field studies report the development of pain in particular areas of the body in keyboard operators (*Hunting, Laubli, and Grandjean, 1980; Elias et al., 1980; Hunting, Grandjean, and Maeda, 1980*). Although all keyboard operators reported more pain than clerical workers who did not use keyboards, the frequency of reported pain was much higher in data entry terminal operators than in conversational terminal operators and typists. Data entry terminal operators sit for longer periods of time in a constrained posture that encourages the development of pain in the neck, shoulders, and right arm and hand. Adequate back support, a forearm or wrist support, and a source document holder would help reduce muscle fatigue.

Anthropometric data are available to design a proper workstation. Because people vary in size, furniture should be easily adjustable (*Stewart, 1979*). The VDT screen and keyboard should be separately adjustable to accommodate operators of different sizes and different task requirements. The feet should be flat on the floor, the forearms approximately horizontal when the fingers are on the home row of the keyboard, and the line of sight should be about 20 to 40 degrees below the horizontal. It is also recommended that the paper source, keyboard and screen should all be the same distance from the eyes. Variations in posture during the work period are necessary to reduce the buildup of fatigue, and adjustable workstation components make this possible.

3. ENVIRONMENTAL CONDITIONS

VDT workstations are a new addition to the office environment, and can contribute to office noise. Noise from cooling fans on some models can be an irritant. Some workstations include hard copy printers that each create as much as 75 dB(A) of noise. This exceeds the 55 to 65 dB(A) levels considered desirable for office areas (*Stewart, 1979*).

VDTs generate heat that needs to be dissipated to avoid discomfort. Humidity control is useful to prevent eye irritation and feelings of itchiness due to excessive dryness of the air (*Stewart, 1979*). Excessive heat can contribute to development of hemmorhoids, especially if a worker is exposed to the heat of nearby machines.

Prolonged work on a VDT requires much visual accommodation at near distances. Therefore, the office environment needs to be designed so that the eyes can be rested by viewing a patterned space at a distance. The space may include a window view, an interesting office landscape that may include plants, or wall murals (*Stewart, 1979*).

4. JOB CHARACTERISTICS

Fatigue arises from physical exertion, and it can be exacerbated by negative cognitive and motivational aspects of the job. Because of the multi-dimensional nature of the job environment, it is difficult to be precise about the social and personal factors that facilitate fatigue.

Smith et al. (1980) found that workers in an environment where career growth was of concern, tended to be more anxious and irritable than workers in another environment where such was not the case. It was felt that inadequacies in job design contributed to frequency of health complaints from the VDU operators.

Elias et al., (1980) found that significantly more data acquisition operators than dialogue operators were dissatisfied with their job, and had more psychological, psychosomatic and visual strain symptoms. The data acquisition job was more restrictive, required less learning, and consisted of shorter work cycles than the more interactive job.

These studies show that one cannot refer to VDT operators as a homogeneous group. The managerial environment as well as the type of job being performed with the VDT influence the effects on the operator. Bertinuson (1981) ranks tasks performed with VDTs on a dimension loosely labelled low level to high level. Presumably, the dimension refers to the amount of control the operator has over pacing the work, and the amount of creativity involved in the job. Examples of jobs that fall along this dimension are as follows: data entry, data acquisition, interactive dialogue, word processing, programming, text composing, graphic design, and scientist. The first three types of jobs limit the operator to predefined formats, while the rest use the VDT as a tool with which to be creative. Because of the predefined formats in the first three classes of jobs, employers can use the computer to monitor employee productivity. This is often perceived as threatening by the operator. There is also a tendency to break jobs into smaller units and make them more routine, perhaps to reduce training time, or perhaps because computer programs tend to be inflexible. Gregory (1981) suggested that the data entry job may be improved by integrating more skills into the job, by giving operators more control over the pace of work and the way it is done, by more on-the-job training and opportunities for advancement, by increasing rest breaks, and by increasing pay or decreasing the length of the work week. Sauter (1981) noted that, although intelligent software can be used in a negative way by monitoring employee productivity, it can also help the operator by guiding cognitive processes and reducing cognitive load. Guion (1981) suggested that the complexity of the task should be matched to the capabilities of the person. Some people, who may not wish to perform challenging tasks, may prefer the monotony provided by data entry.

Rest pauses can help to reduce visual strain from working with a VDT (*Haider et al., 1980*). However, the optimum ratio of work and rest periods probably depends on the task (*Ostberg, 1975*). It has been suggested that a 15 minute rest be permitted for every hour worked, or a half hour rest for every two hours worked. Others suggest that an employee's work be organized so that two hours work at a VDT is followed by two hours spent doing other work that does not require visual accommodation at near distances. These options are available to a manager interested in safeguarding the health and happiness of his or her employees and in improving productivity.

5. ELECTROMAGNETIC EMISSIONS

The potential danger of radiation from VDTs has been a cause for concern by individuals, labour unions, governments, and industry. In response to this concern, a number of investigations have examined the levels of emission of ionizing and non-ionizing radiation from representative samples of VDTs and colour televisions (e.g., *Moss et al., 1977; Buckler, 1980; Wang, 1975; Murray et al., 1981*). The most recent studies show that modern VDTs do not emit detectable levels of radiation at any frequency. Recent publicity suggested that microwaves from VDTs were responsible for cataracts in the eyes of two New York Times newspaper employees and that x-radiation from VDTs at the Toronto Star was responsible for four cases of fetal deformity. However, tests of the VDTs, in both cases, showed no evidence of any radiation (*Marshall, 1981*).

Government authorities in Canada and the United States hold that modern VDTs and television displays do not produce detectable levels of ionizing radiation (*Letourneau, 1981; Marshall, 1981*). The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) in the United States claims a sensitivity of five times background radiation levels (*Murray et al., 1981*). Health and Welfare, Canada, is able to measure x-radiation levels that are one-thousandth of background levels (*Letourneau, 1981*). Zuk (personal communication) further indicated that manufacturers are requested by Health and Welfare to remove televisions from the marketplace in Canada if any x-radiation is detected during routine testing. This policy is justifiable because minimal expense is required with current technology to ensure that television tubes do not emit detectable x-rays.

A recent additional concern is the effect of a static electric field on the VDT operator. Ostberg (1981) noted that about 100 VDT operators in Scandinavian countries have suffered facial rashes. He hypothesizes that harmful ionized particles in particular environments are attracted to the face because of an electric field gradient of approximately 2000 volts between the face and the VDT screen. This voltage gradient would also influence the movement of ionized air molecules. There exists a controversial literature regarding the beneficial effect of negatively charged air ions on body chemistry and mood states (reviewed in *Soyka and Edmonds, 1977*). The negative potential at the operator would tend to repel negative air ions, and might cause discomfort such as migraine headaches, irritability, and depression. The effect of static electric fields at the VDT workstation requires further investigation.

6. CONCLUSIONS

Much of the field research measuring subjective responses to questions related to VDTs is flawed methodologically. Some flaws are the result of poor planning, while some are beyond the control of the researcher. Guion (1981) mentions five requirements for survey work that are often violated. These are (a) competent sampling, (b) competent job analysis, (c) competent measurements of variables of interest as well as ensuring their reliability and validity, (d) competent control (sampling or statistical), and (e) competent data analysis.

In spite of the difficulties encountered by researchers, the literature gives a definite sense that workplaces and jobs are not always designed with proper consideration for the welfare of the worker. Ergonomic requirements are not always met, causing workers to suffer visual strain and bodily discomfort. The psychological environment can be negative due to labour-management conflicts, career uncertainty, and managerial insensitivity. Ergonomic inadequacies by themselves are often tolerated by highly motivated workers. However, these same workers will turn into complainers when motivation and self-esteem drop because of poor job design. A good work environment appears to be one where both the physical and psychological needs of the employees are seriously addressed by those in control.

This report also examines the issue of operator safety with regard to emission of electromagnetic radiation from televisions. Modern televisions do not emit detectable levels of radiation at any frequency. There is, therefore, no danger from electromagnetic emissions.

7. REFERENCES

Anderson, G.E., Tell, R.A. and Youmans, H.D. *Spectral Transmission and Attenuation of X-Radiation by Glasses and Resins used in Color Television Picture Tubes.* IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-16 (2): 82-88, 1970.

Bauer, D. and Cavonius, C.R. *Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Bedwell, C.H. Assessment of Eye Strain and Difficulty in Viewing Visual Display Units. Proc. of the Ergonomics Society Conference on *Eyestrain and VDUs*, Loughborough Univ. of Technology, December, 1978.

Bertinuson, J. Panel participant at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Braestrup, C.B. and Mooney, R.T. *X-Ray Emission from Television Sets.* Science, 130:1071-1074, 1959.

Buckler, G. *VDT Radiation Levels not Harmful, Tests Show.* Computing Canada, p. 4, November 25, 1980.

Cakir, A.E. *Human Factors of VDU Design.* In P.A. Kolers, M.E. Wrolstad, and H. Bouma (Eds.), Processing of Visible Language 2, New York: Plenum Press, 1980.

Cakir, A., Hart, D.J., and Stewart, T.F.M. *Visual Display Terminals*, Toronto: John Wiley & Sons, 1980.

Charlton, M.H. and Hoefer, P.F.A. *Television and Epilepsy.* Archives of Neurology, 1964, 11:239-247.

Corlett, E.N. and Manenica, I. *The Effects and Measurement of Working Postures.* Applied Ergonomics, 1980, 11:7-16.

Eleccion, M. *X-Radiation from Colour Television Receivers.* IEEE Spectrum, pp. 95-104, July, 1968.

Elias, R., Cail, F., Tisserand, M., and Christmann, H. *Investigations in Operators Working with CRT Display Terminals: Relationships between Task Content and Psychophysiological Alterations* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Gregory, J. Panel participant at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Guion, R. Panel participant at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Haider, M., Kundi, M., and Weibenbock, M. *Worker Strain Related to VDUs with Differently Coloured Characters* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Hartridge, H. *Physiological Eye-Strain.* Proc. of the Physiological Society, May, 1919.

Harvey, T.S. *Experiments with White Rats, Bush Beans, and Tradescantia Plants in the Vicinity of Television Receivers.* IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-13: 51-63, July, 1967.

Health and Welfare, Canada. *The Television Set and X-Radiation.* Dispatch No. 31 (Revised), Educational Services, Health Protection Branch, Summer, 1978.

Hopkinson, R.G. *Glare Discomfort and Pupil Diameter.* J. Opt. Soc. Am., 1956, 46:649-656.

Hunting, W., Laubli, T. and Grandjean, E. *Constrained Postures of VDU Operators* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Hunting, W., Grandjean, E., and Maeda, K. *Constrained Postures in Accounting Machine Operators.* Applied Ergonomics, 1980, 11:145-149.

Kelly, R.B. *The Effect of Direction of Contrast on TV Legibility under Varying Ambient Illumination.* Reviewed in Legibility of Alphanumeric Characters and Other Symbols, D.Y. Cornog and F.C. Rose, National Bureau of Standards Misc. 262-2, 1967.

Laubli, T., Hunting, W., and Grandjean, E. *Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Letourneau, E.G. *Are Video Display Terminals Safe?* Canadian Medical Association Journal, 1981, 125:534.

Mahto, R.S. *Eye Strain from Convergence Insufficiency.* British Medical Journal, 1972, 2:564-565.

Marshall, E. *FDA Sees no Radiation Risk in VDT Screens.* Science, 212:1120-1121, 1981.

Moss, C.E., Murray, W.E., Parr, W.H., Messite, J., and Karches, G.J. *A Report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals.* National Institute for Occupational Safety and Health, Report No. NIOSH 78-129, December, 1977.

Murray, W.E., Moss, C.E., Parr, W.H., and Cox, C. *A Radiation and Industrial Hygiene Survey of Video Display Terminal Operations.* Human Factors, 1981, 23:413-420.

Nelson, T.M. and Ladan, C.J. *Patterns and Correlates of Fatigue among Office Workers.* J. Occup. Psychol., 1976, 49:65-74.

NYCOSH, *New Technology: Danger and Opportunity for Workers.* New York Committee for Occupational Safety and Health, 1980.

Ostberg, O. *CRTs Pose Health Problems for Operators*, Int. J. Occup. Health and Safety, 44(6):24-26, 1975.

Ostberg, O. *Accommodation and Visual Fatigue in Display Work* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Ostberg, O. Panel participant at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Radl, G.W. *Experimental Investigation for Optimal Presentation Mode and Colours of Symbols on the CRT-Screen* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Sauter, S. Panel participants at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Smith, M.J., Stammerjohn, L.W., Cohen, B.G.F., and Lalich, N.R. *Job Stress in Video Display Operations* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London:Taylor and Francis, 1980.

Smith, W.J. *A Review of Literature Relating to Visual Fatigue*. Proc. of the Human Factors Society, 23rd Annual Meeting, Boston, Mass., pp. 362-366, 1979.

Soyka, F. and Edmonds, A. *The Ion Effect*, Toronto: Lester and Orpen, 1977.

Sperling, G. *Flicker in Computer-Generated Visual Displays: Selecting a CRO Phosphor and other Problems*. Behav. Res. Meth. & Instrum., 1971, 3:151-153.

Stewart, T.F.M. *Eyestrain and Visual Display Units: A Review*. Displays, 1:25-32, April, 1979.

Taylor, H. Panel participants at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Young, F. Panel participant at the Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Wang, Y-S. *Measurement of Ionizing Radiation from Color Television Receivers by Thermoluminescent Dosimeters*. Health Physics, 28(1):78-80, 1975.

APPENDIX A

Annotated Bibliography

This appendix contains an annotated bibliography of literature relevant to the issue of health and safety aspects of visual display terminals. Papers were included when they were judged to make a significant contribution to knowledge. Original sources and comprehensive reviews fulfilled this criterion. Brief reviews in newspapers and trade journals were not considered useful.

A1. VISUAL EFFECTS

Bauer, D. and Cavonius, C.R. *Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

The study examined the effect of direction of contrast on performance measures and preference. Typically, VDT displays present bright letters on a dark background. Reversing the direction of contrast has several advantages. The increased display luminance enhances contrast sensitivity of the eyes. Further, the higher adaptation level encourages more rapid accommodation, and the smaller pupil diameter improves depth of field and reduces optical distortions. The increased depth of field is particularly important for older viewers who may have lost much of their ability to accommodate.

The disadvantage of reversed contrast is the increased perceptibility of flicker due to the higher screen luminance. Eight observers were allowed to increase the refresh rate of a VDU until flicker just disappeared. The screen was a P4 (white) phosphor operating at a luminance of 200 cd/m^2, without pattern. Flicker disappeared in peripheral vision when the refresh rate was raised to 90 Hz. To ensure the complete absence of flicker, a refresh rate of 100 Hz was used in subsequent experiments. Display luminance was set at 80 cd/m^2 to match the luminance of typical documents on a desk when room illumination was 550 lux.

The first experiment required recognition of a four-letter nonsense word displayed on the VDU. The positive contrast condition was defined as conventional light letters refreshed at 50 Hz on a low, 4 cd/m^2 background, and the negative contrast condition was dark letters on an 80 cd/m^2 background refreshed at 100 Hz. The negative contrast condition resulted in 26 percent fewer errors than the conventional positive contrast condition.

A second experiment required the detection of spelling discrepancies of nonsense words on the VDU screen compared to similar words typed on paper. Again, the negative contrast condition resulted in 23 percent fewer errors in performance than the positive contrast condition. Additionally, performance with negative contrast was about eight percent faster.

Of the 13 men and 10 women who participated in one or both of the experiments, all but one preferred the display with negative contrast. Comments were that it was easier to read and more comfortable to use. Positive contrast was described as requiring more effort and being more tiring.

Bedwell, C.H. *Assessment of Eye Strain and Difficulty in Viewing Visual Display Units.* Proc. of the Ergonomics Society Conference on Eyestrain and VDUs, Loughborough Univ. of Technology, December, 1978.

The review considers various factors that are thought to contribute to eye strain while viewing VDUs. Symptoms of prolonged viewing may consist of headaches or eyes hurting, as well as a pulling feeling across the forehead or around the eyes, facial and ocular muscular stress, tired eyes, blinking or twitching of the lids, difficulty in keeping the eyes open, a feeling of drowsiness, and watering or red eyes. Viewing under stressed conditions may be accompanied by postural tension and discomfort at the back of the head and down the neck and back, as well as nausea if convergence of the eyes is being maintained with difficulty. There may also be increased sensitivity to light. Discomfort can be aggravated by adverse environmental aspects such as excessive job pressure, background noise, excessive heat, and lack of visual task change or rest. Even when optical conditions are adequate, there may still be misreading of characters along or down lines due to visual anomalies such as confusion, blurring, or doubling of characters. These effects are more likely to occur upon quick transfer of gaze, especially where binocular coordination is less used and stable

Viewing distance should be within the outer limits of a common reading distance (40 to 50 cm). This will avoid excessive demands on convergence, and is within the range for stable binocular control. If visual task areas are in unaccustomed locations, stable dynamic binocular alignment may be difficult and binocular image confusion and errors such as double vision may occur. In general, difficulty of convergence is greater at or above the horizontal than below since we habitually look down when we read. The visual task areas include the VDU keyboard, paper documents containing data to be processed, as well as the VDU screen. Segments of bifocals worn by operators must be of sufficient width to view all viewing areas without excessive head movement.

Cakir, A.E. *Human Factors of VDU Design.* In P.A. Kolers, M.E. Wrolstad, and H. Bouma (Eds.), Processing of Visible Language 2, New York: Plenum Press, 1980.

The paper reports on a field study covering more than 1000 subjects in 30 sites. In general, the study found that visual strain is one of the most significant problems in working with VDTs. However, it cannot be measured objectively. Visual strain is highly correlated with optical properties of CRT displays as well as paper documents and keyboards. In particular, backaches, neckaches, and headaches increased with increased duration of working with VDTs ($\underline{r}$ = .59), text on paper documents was harder to read than on VDTs, and black keyboards were related to a higher incidence of eye irritation and general fatigue than grey keyboards.

Recommendations for a bright environment:

- display background should have minimum luminance of 10 cd/m^2.
- optimum contrast between display and background is 8:1 to 10:1. Therefore, character luminance should be about 80 to 100 cd/m^2.
- minimum character size should be 18 minarc at 50 cm. Character size should be at least 3 mm.
- reflections should be minimized without diffusing character images (as some filtering techniques do).
- flicker or jitter should be avoided.
- keytops should be light in colour with a matt finish (about 40 to 60 percent reflection).
- function keys should be colour coded to reduce search time.
- a daylight room should be illuminated by at least 300 lux of artificial light.

Reflections were found to be a major source of distraction and discomfort. Reflections reduce brightness contrast of the display. Contrast reduction can be decreased by repositioning the display, or by use of some types of screen filters. Fine-grained anti-reflection coatings or a high-quality etched screen surface are most preferred of the filters available. Micromesh filters effectively reduce reflection but also reduce the luminance of the display.

Reflected images obscure the display. This occurs in at least two ways. First, patterns in the reflection interfere with the patterns projected by the display. Second, the reflections lie in a different focal plane from the display contents, resulting in accommodation difficulty. Accommodation oscillates between the display contents and the reflected image. In general, this type of disturbance can be minimized by ensuring that light sources are unstructured and no brighter than necessary to read paper documents. Reflections can be a source of glare which can be an irritant in itself.

Cakir, A., Hart, D.J., and Stewart, T.F.M. *Visual Display Terminals*. Toronto: John Wiley & Sons, 1980.

The book is subtitled A Manual Covering Ergonomics, Workplace Design, Health and Safety, Task Organization. Each of these subjects are comprehensively discussed as the authors view the current knowledge related to the proper use of VDTs.

Chapter 1 describes the operation of a VDT, including the CRT, the keyboard, radiation emissions, and how the VDT is a component of a larger system. Chapter 2 discusses light, vision, and the optical characteristics of visual displays. Chapter 3 discusses the ergonomic requirements for VDTs

including legibility requirements, image stability, and keyboard design. Chapter 4 discusses the ergonomic requirements for VDT workplaces including anthropomorphic aspects of the workplace, and the optimum working environment. Chapter 5 is concerned with the health, safety and organisational aspects of working with VDTs. Factors contributing to postural and visual discomfort are discussed, as well as psychological aspects of the work. The latter include studies of *mental work load*, *alienation*, fatigue and monotony, job satisfaction, workload and time pressure, and the need for rest pauses. Appendices include an ergonomic checklist for VDTs and VDT workplaces, and a discussion of eye tests for VDT operators.

The book appears invaluable for anyone seriously interested in optimizing the VDT user's working environment. An extensive bibliography is provided for anyone wishing to see original sources of the information in the book.

Charlton, M.H. and Hoefer, P.F.A. *Television and Epilepsy*. Archives of Neurology, 1964, 11:239-247.

The paper describes nine case studies of epileptic seizures in the United States apparently precipitated by watching television. These cases are in addition to three in the United States and at least 55 in Europe that were already reported.

1. A 14 year old boy complained of a headache and dizziness while watching television, and then lost consciousness. Some weeks later, the same thing happened while changing channels on the television. Photic stimulation during a medical examination yielded a photoconvulsive response between 7 and 50 flashes/sec. There was also a response to sudden bright light at rates above fusion frequency.

2. A 10 year old boy suffered a 30 min period of confusion while watching television before breakfast. Under similar circumstances some weeks later, he experienced a seizure. Photic stimulation during a medical examination showed a photoconvulsive response between 10 and 18 flashes/sec. The patient suffered two more convulsions subsequently while watching television before breakfast.

3. A female patient suffered two grand mal seizures while watching television at ages of 13 and 14. A photoconvulsive response was noted from 12 to 20 flashes/sec.

4. A six year old boy experienced seizure-like behaviour while watching television. Two years later, he experienced a second attack while watching television before breakfast. The resting EEG showed paroxysmal discharges, and photic stimulation above 10 flashes/sec produced a convulsive response. At 14 flashes/sec, the patient lost consciousness.

5. A female patient suffered headache, nausea, and vomiting between the ages of 9 and 11, always while watching television. She blamed especially one channel on the family television which was stated to "function poorly". The EEG showed a pattern of discharges indicative of petit mal which were precipitable by photic stimulation at frequencies above 10 flashes/sec. A response was also produced by irregular flicker at a relatively high frequency.

6. A 10 year old boy suffered two attacks, both while watching television. The EEG showed activity consistent with a convulsive disorder. However, photic stimulation produced no change in the background EEG.

7. A 10 year old boy suffered two epileptic attacks, both while watching television. At age 11, he had three more attacks not related to viewing television. At age 13, a neurological examination showed that photic stimulation produced a photoconvulsive response at from 10 to 20 flashes/sec.

8. A nine year old girl suffered a convulsion while adjusting a television set in England. Five days later, another seizure was experienced while she was turning on the television set. A year later, there was another attack while watching television, and at age 12, two more seizures occurred while watching television. At age 14, she was given a neurological examination. The resting EEG showed spontaneous seizure patterns, and a convulsive response above 10 flashes/sec.

9. An eight year old girl had two seizures within one month, both while watching television. Questioning revealed no indication that the set had functioned abnormally. The resting EEG was markedly abnormal, but photic stimulation showed no response.

The author notes that the majority of reported cases of epilepsy associated with television viewing fall within the pediatric age group (i.e., six to 14 years). This implies that this age group may be particularly sensitive to photic stimulation. In two cases, seizures occurred before breakfast, suggesting that hypoglycemia may be an aggravating factor.

Seizures were occasionally elicited during a loss of vertical synchronization or while the channel was being changed. Loss of vertical hold results in rhythmical photic stimulation. However, irregular flashes or a single flash were shown to be capable of eliciting a convulsive response. It was thought that the 25 or 30 Hz refresh rate of the video interlaced fields may, in some cases, be epileptogenic. Patients were told not to watch faulty televisions, to stay at a good distance from the screen, and to have someone else adjust the channels.

Haider, M., Kundi, M., and Weibenbock, M. *Worker Strain Related to VDUs with Differently Coloured Characters* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

The study examined the effect of different colour displays on various measures obtained from 13 female VDT operators ranging in age from 21 to 41. Nine female office workers ranging in age from 23 to 45 served as controls. Green and yellow were the colours tested. Although not specifically stated, it is assumed that these colours were the colour of text displayed on a dark background. Dependent measures reported were "subjective state", visual acuity, colour-contingent after-effects, organization of perception, and activation reflected by heart rate. Performance on several tasks conducted over a three-hour period was also measured. Tasks consisted of text comparison from screen to screen, copying alphabetic character groups from copy (paper) to screen, copying alphabetic character groups from screen to screen, translating Swahili words from copy to screen, search and calculation from screen to screen, and finally, text comparison from copy to screen.

Performance improved over the three hours for both groups. However, performance with the yellow characters was lower at the beginning and higher at the end than with the green characters. This interaction was thought to be due to a relative lack of experience with yellow characters. After the novelty effect was over, subjects performed better with yellow characters.

Changes in visual acuity were measured during and up to 15 mins. following the work period. The yellow characters produced a smaller reduction in acuity than the green characters. Evidence was also presented that a rest pause after the first hour prevents a further loss of acuity after the second hour. However, a four hour work period with rest pauses resulted in considerable loss of acuity. These data support the need for shorter work periods as well as for periods with breaks.

Measurement of colour-contingent after-effects using an anomaloscope showed a smaller effect from using yellow rather than green characters. After work, the measured values tended to return to baseline, but even after 15 mins. the baseline values were not completely restored.

Effects of colour on visual organization was inferred from the magnitude of the Muller-Lyer illusion after the work period. Immediately after the work period, the illusion was strongest for those who read yellow characters. However, the illusion returned to baseline more quickly than for those who read green characters. This interaction may also be related to the difference in experience with the two colours.

Subjective ratings showed that VDT operators were significantly more tired and sleepy than office worker controls after the three hour work period. However, there was no significant difference between work with green and yellow displays.

The authors conclude that yellow characters should be recommended in the future for use with VDTs. However, both colours are satisfactory from a psychophysiological point of view.

Hartridge, H. *Physiological Eye-Strain*. Proc. of the Physiological Society, May, 1919.

The author notes that eye-strain is often considered to be due to excessive use of accommodation in cases of hyper-metropia (long sight). This explanation is difficult to apply to eye-strain in myopic persons. Fatigue of the ciliary muscles cannot explain the experienced discomfort. The author also notes that there is a close association between the control of convergence and accommodation in the visual system. He hypothesizes that eye-strain arises when demands are placed on either accommodation or convergence alone, and that the visual system is most comfortable when accommodation and convergence occur together.

This hypothesis is supported by the observation that eye-strain develops quickly when reading is done with special lenses that have a focal length equivalent to the reading distance. With these lenses, no accommodation is required but convergence of the eyes must still occur to avoid a double image.

Hopkinson, R.G. *Glare Discomfort and Pupil Diameter*. J. Opt. Soc. Am., 1956, 46:649-656.

The study examined the relationship between pupil diameter and sensation of discomfort that results from a bright light source in the field of view. Although pupil diameter is influenced by incident light levels, there was not a clear relationship between pupil diameter and magnitude of glare sensation. It was observed that a very bright source will cause an irregular cyclic variation in pupil diameter which has a period of a few seconds. This variation is itself not unusual as it occurs when an observer fixates normally in the absence of glare. The author speculates that discomfort arises when conflicting signals attempt to adjust pupil size to match first the glare source, then the background. The author also cites a private communication with H.C. Weston who suggested that the pupil variation may be an emotional response to pain. Pain causes the pupil to dilate. Dilation increases the light admitted from the glare source. The increased light input signals the pupil to constrict. Oscillation of pupil diameter could result as the effects of pain and sensory input continue to produce conflicting actions.

Kelly, R.B. *The Effect of Direction of Contrast on TV Legibility under Varying Ambient Illumination*. Reviewed in Legibility of Alphanumeric Characters and Other Symbols, D.Y. Cornog and F.C. Rose, National Bureau of Standards Misc. 262-2, 1967.

The effect of ambient illumination on television legibility was studied. Twelve subjects viewed for 15 sec each, 20 white-on-black or black-on-white characters on a closed circuit, 675 line television. Characters were 1/8 inch high and spanned five scan lines. Performance decreased as ambient illumination increased. It was concluded that white characters are suitable for low (.026 foot-candles) ambient illumination, while black characters are most suitable under high (more than 186 foot-candles) ambient conditions.

Laubli, T., Hunting, W., and Grandjean, E. *Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

The causes of eye impairments were studied in four groups of office workers. The groups consisted of users of data entry terminals, users of conversational terminals, users of office typewriters, and those who performed traditional office work. The latter performed the same task as the users of conversational terminals, but in a phase before the introduction of VDUs.

Data was collected using a survey inquiring about physical impairments in various parts of the body, about drug consumption, and about working conditions. A medical examination of upper extremities and vision was also conducted.

A variable called the Uniformity Figure (UF) was defined to describe an aspect of raster displays. The periodic refresh results in approximately sinusoidal variations in the intensity of a picture element (pixel). Further, there is a baseline intensity influenced by the background luminance below which the sinusoid does not go. If the base height is "a" and the amplitude of the sinusoid is "b", UF = a/b. The UF, therefore, is a measure of luminance oscillation. The UF of characters was measured by focusing the optic system of the photometer on a completely illuminated field of about 1 mm^2. The UF of the screen was measured by focusing on the whole screen. The refresh rate was 50 Hz, and both green and white phosphors were used.

The UF was measured under lighting conditions selected by the operator. The UF of single characters was significantly higher for data entry terminals than for conversational terminals. This finding may be related to the fact that conversational terminal operators raised the contrast of the display in order to improve reading conditions. The data entry operators mainly viewed the source document rather than the VDU screen.

Analysis of the survey data showed that the incidence of visual impairments was high in the two VDU groups and among the typists, but moderate in the traditional office workers. The impairments appeared related to eye fatigue or irritation and to impaired accommodation. Impairments frequently persisted following work periods and interfered with television viewing and reading during leisure time. Frequency of reported eye impairments was positively correlated with measured display contrast and high luminance oscillation (i.e., low UF). Contrast was generally above the recommended level. Degree of reported annoyance was positively correlated with measured intensity of reflections, but there was no relation between reported eye impairments and reflections.

A high luminance oscillation (i.e., a low UF) was related to complaints of eye irritations but seemed independent of complaints of impaired accommodation. A low UF was also strongly related to a decrease in measured visual acuity. Contrast variations showed no effect on visual acuity. Incidentally, the authors note that perceptibility of flickering characters is not significantly dependent on the oscillation level defined by the UF. They conclude that the degree of flicker and the degree of luminance oscillation are both important criteria to evaluate a terminal display.

Mahto, R.S. *Eye Strain from Convergence Insufficiency*. British Medical Journal, 1972, 2:564-565.

The paper maintains that a common cause of eye strain and headache is convergence insufficiency. Out of a population of 310 patients, 34 had varying degrees of this problem. Of these 34 people, 70.5 percent were women and 29.4 percent were men. Convergence insufficiency is often mistaken for refractive error, and corrective glasses are usually prescribed instead of orthoptic exercises. Patients should be advised to seek ophthalmological treatment if ocular symptoms persist following treatment for refractive error.

New Technology: Danger and Opportunity for Workers. New York Committee for Occupational Safety and Health, 1980.

This paper reviews the problems associated with use of VDTs in the office environment, and discusses measures that can be taken to reduce negative effects of VDT use. Common complaints voiced by VDT operators are (s) soreness, redness, stinging, itching, irritation, and general discomfort of the eyes, (b) pains in the neck and back, (c) dull headaches, (d) loss of visual acuity (seeing blurred or double images and fuzzy, coloured fringes), (e) dizziness and nausea, (f) problems with eyeglasses and contact lenses. These health problems are often caused by a combination of poor machine design and maintenance, incorrect office layout and lighting, and too few rest pauses.

One cause of eye strain may be fatigue of the muscles of the eye. These include the oculomotor muscles, the iris muscles, and the ciliary muscles. The ciliary muscles are responsible for compressing the lens for focussing at

close range. Extended viewing at close range is thought to be very tiring to these muscles. Rest pauses are recommended during which the operator should view at greater distances. Two hours is thought to be the maximum time that should be spent doing continuous screen work. This kind of administrative control of a health hazard might require a fifteen minute break every hour or a half hour every two hours, or workers may alternate so that one hour is spent working with the VDT and the next hour is spent doing another kind of work involving viewing at greater distances.

Eye strain can arise from glare on the VDT screen from window light, shiny work surfaces, keyboards, and too bright artificial lighting. Neck and back pains may also be caused by glare as operators contort body position to minimize interference from glare. Glare can be reduced by equipping VDTs with non-reflective screens. Other measures that can be taken to prevent glare are: (a) installation of blinds or awnings on nearby windows, (b) relocation of machines or lighting fixtures, (c) installation of properly designed indirect lighting, (d) reduction of general lighting without interfering with reading from paper documents, and (e) installation of dimmers so that operators can control the level of overhead lighting.

Another cause of eye strain is contrast glare arising from a background that is much brighter than the VDT screen. Because the pupils adjust to the total light entering the eye, the screen images become difficult to see. Again, back and neck pains can result from uncomfortable postures adopted to block the brighter light source. The problem can be minimized by reducing the brightness of the background by shading windows or changing the colour of walls. Brightness controls on the VDT should always be accessible so that contrast glare can be somewhat under the control of the operator.

Flicker arising from the way the image is refreshed can also be an irritant. Reducing the brightness of the display will decrease the possibility of flicker. Again, the need for a brightness control is apparent.

Poor design of screen size and colour can result in less than optimum readability. It is better to have a relatively large screen, a viewing distance in excess of two feet, and character heights of at least 3/16 of an inch. A detachable keyboard allows viewing distance to be adjusted by the operator. It is recommended that screen colour be dark green and that characters be light green or yellow. However, the question of which colour combination is optimum is very much a research issue.

Defects in display quality that develop during use of the machine (e.g., blurring) need to be corrected by adequate maintenance.

Designers of corrective lenses must take into account that the wearer works on a VDT, since special lenses may be required. Bifocal wearers need to be especially careful that postural problems do not arise during viewing.

Muscle fatigue results from maintenance of a fixed posture for a long time. However, some positions are less fatiguing than others. The most comfortable viewing position is with the eyes looking slightly downward. Since people vary in size, screen height and angle should be adjustable by the operator. A detachable keyboard is also recommended to permit independent adjustment of keyboard and display.

Sitting for long periods under poor conditions may cause other health problems such as back pains, varicose veins, and hemmorhoids. The latter problem is more likely when seating is exposed to the heat of nearby machines. Any condition of employment that increases stress, such as a feeling of lack of control, can compound the stressful effect of poor workplace design.

Employees are advised to encourage the employer to respond to demands for safety and health on the job by:

1. using union pressure to provide adequate rest breaks, eye exams at employer's expense, specific improvements of the work environment, and union participation in equipment purchasing decisions.

2. providing training sessions for all employees as well as educational materials on occupational safety and health.

3. keeping records of problems with individual machines and of operator complaints.

The paper closes by considering the possibility of hazards from radiation emitted by VDTs. Although limited tests have been done by government and industry, the results have been challenged since some radiation frequencies were not tested, and most machines were not tested at all. It is argued that manufacturing defects or poor maintenance could cause higher levels of radiation to be emitted, and that there is no known safe level of exposure.

Ostberg, O. *CRTs Pose Health Problems for Operators*, Int. J. Occup. Health and Safety 44(6):24-26, 1975.

Literature related to ergonomics of the office environment is reviewed. Problems in work place design can give rise to fatigue. Fatigue can be expressed by specific symptoms or can have a more general effect on the whole body and mind. There are large individual differences in the conditions that can lead to fatigue.

The likelihood of fatigue is increased by postural defects. Incorrect posture arises from badly designed office furniture as well as task demands. For example, visual tasks are often not at the same location as the work surfaces of the hands. Bad posture can arise if the visual task forces unnatural positioning of the body.

Fatigue can arise from continued processing of information even when no physical effort is involved. This is particularly so when there is a lack of rest pauses. VDU operators often pause while waiting for a response from the computer. However, because the pause duration is unpredictable, the pauses are actually stressors. Although good work organization and efficient rest pauses are important for reducing fatigue, no recommendations are offered regarding the optimal ratio of work and rest periods.

Discomfort due to fatigue is more likely to be observed when there is decreased job involvement. Such alienation arises easily when the work is computerized because of insufficient efforts to avoid the creation of highly specialized and routinized tasks.

Visual fatigue symptoms described by VDU operators as well as others, fall into four categories. Ocular symptoms include uncomfortable, heavy, burning sensations around the eyes. Visual symptoms are forms of disturbed vision such as double vision and colour fringes around objects, as well as difficulty in fixating objects. Systemic symptoms, the most common, are pains in the head, neck and arms. Finally, behavioural symptoms are actions taken by individuals to make the visual task easier or to avoid distractions such as glare.

Eye defects such as refractive disorders and cataracts interfere with the visual task. Inadequate accommodation power can interfere with the ability to view objects much separated in depth. Oculo-motor imbalance (phoria) is thought to be a common source of fatigue.

Fatigue arises from inappropriate lighting conditions that result in glare and reflections. Specification of the best lighting conditions must consider the particular visual task.

Characteristics of the object to be viewed can lead to fatigue. The size of the object, and the contrast (brightness and colour) between the object and its background, must satisfy certain requirements. Viewing distance can influence the ability to view objects at different depths. Blurring of objects contributes to visual fatigue as does flicker and relatively slow variations in average brightness that require adaptation. Viewing comfort is enhanced when the eyes are directed downward at an angle of 20 degrees.

Since general fatigue facilitates visual fatigue, the type of work is important. Systemic fatigue arises from a monotonous job as well as from the stress of not understanding or accepting the peculiarities of the computer system. Fatigue from a data entry task can arise because the task is both boring and demanding. A man-computer dialogue can generate fatigue when the interaction is hostile to the operator in terms of logic, syntax, format, and response times.

Another more specific cause of visual fatigue is contrast glare when the eyes adapt to a relatively bright background luminance and not to the screen luminance. The requirement for sufficient light to read paper documents conflicts with the requirement for low ambient illumination in order to read a CRT display.

Flicker is another visual irritant when viewing CRT displays. It is estimated that at least 40 percent of clerical workers find 60 Hz CRT flicker uncomfortable. Cost considerations inhibit manufacturers from making VDUs with higher, invisible refresh rates.

Radl, G.W. *Experimental Investigation for Optimal Presentation Mode and Colours of Symbols on the CRT-Screen* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London:Taylor and Francis, 1980.

The first study examined ways to improve readability of a VDU screen placed in a poor optical environment containing glare sources such as windows or bright walls. Contrast glare was reduced by surrounding the screen with black frames of varying widths. The effects of the frames were evaluated with both a performance measure and a visual comfort rating scale. Performance

improved as frame width increased up to a point beyond which performance decreased. It was hypothesized that too wide a frame caused a too low adaptation level of the eye. A further improvement was found using a frame with a brightness gradient from black at the VDU screen to white at the outside. A frame was recommended for applications where contrast glare cannot be avoided.

The second study determined the best colour for displaying symbols on the dark background of the VDU screen. Criteria were a performance measure and preference ratings. Colours were green, white, three hues of yellow, and two hues of orange. The results showed lowest performance with two of the orange hues, and these were also least preferred of all the colours.

The third study attempted to evaluate the effect of various colour combinations on a performance measure. However, the results are unclear since there was no indication in the report that luminance was controlled.

The fourth study evaluated the relative effects of positive and negative contrast on a performance measure and ratings of visual comfort. Positive contrast refers to light letters on a dark display, and negative contrast refers to dark letters on a light display. Flicker was reduced by refreshing the display at a rate of 66 Hz. Room illumination was 500 lux. Performance was significantly better with negative contrast, and visual comfort was also significantly higher. Negative contrast was also recommended because there is minimal adaptation required when the eye moves from the screen to a paper source, because discomfort glare is reduced, and because screen reflections are less perceptible.

Rohmert, W. and Lucyak, H. *Ergonomics in the Design and Evaluation of a System for Postal Video Letter Coding*. Applied Egonomics, 1978: 9:85-95.

The study examined various alternatives for improving workplace design for a new "video-letter-coding" system to be implemented by the German Central Post Office. Of interest here is an experiment on display design that manipulated five variables. The variables were large vs small CRT displays, positive vs negative contrast, one vs two displays, horizontal vs vertical positioning of the two displays, and room brightness. Size of display, positioning of the displays, and direction of contrast had no effect on performance. Small displays, however, appeared to flicker less than the larger displays. Two displays produced a significant increase in performance over one display. This occurred because the next postal address displayed on the second CRT could be considered while keying the response to the current address. Ambient illumination above 500 lux appeared to reduce performance and produce eye irritations. A level of 100 lux was proposed as a compromise.

Smith, W.J. *A Review of Literature Relating to Visual Fatigue*. Proc. of the Human Factors Society, 23rd Annual Meeting, Boston, Mass., pp. 362-366, 1979.

The review was stimulated by concerns that long term viewing of video displays at close focal distances may contribute to visual fatigue. The discussion is limited to relevant aspects of the accommodation and pupillary systems.

Fatigue is generally defined as "weariness from exertion or the temporary loss of power to respond induced in a sensory receptor or motor end

organ by continued stimulation". Three types of fatigue are identified. Acute fatigue arises from brief but tiring work activity primarily affecting the muscles, and is relieved by rest. Chronic fatigue involves cumulative physiological effects, and may not always be relieved by rest. Task induced fatigue arises from working at a particular task for a long time. It may be relieved quickly by changing tasks.

Four different methods have been developed to assess fatigue: (1) subjective assessments, (2) examination of work output for degradation over time, (3) measurement of neurosensory correlates, and (4) measurement of physiological correlates. The latter two methods currently appear to be most often applied. Reaction time and performance errors are two criteria used to evaluate neurosensory fatigue. Physiological fatigue is evaluated with such variables as heart rate, muscle tonus, pupillary response time to light, binocular fusion, and visual accommodation time, to near and far points.

Symptoms of visual fatigue include inability to maintain focus and fixation, blurred vision, double vision, bloodshot eyes, inflamed eyelids, watering eyes, a tense or heavy sensation in the eyes, a burning sensation in the eyes, and frequent blinking.

Review of the literature provided some support for a number of measures of visual fatigue. Measurement of changes in near and far points suggested that either or both change to decrease the range of accommodation. Alternation of near and far accommodation was reported to increase the time to accommodate. Four hours of reading was found to reduce visual acuity. Fatigue was related to a constriction in pupil size, and a constantly changing pupil size was thought to induce fatigue. Because people with a congenitally absent iris did not experience photophobia, the iridomotor system was further linked to ocular discomfort.

The author concludes from the review that visual acuity and physiological responses, such as pupil size and regularity, are likely correlates of visual stress. However, these relationships need to be confirmed by adequately controlled experiments.

Sperling, G. *Flicker in Computer-Generated Visual Displays: Selecting a CRO Phosphor and other Problems.* Behav. Res. Meth. & Instrum., 1971, 3:151-153.

The author discusses why flicker appears on a cathode-ray oscilloscope (CRO). The appearance of flicker is minimized or eliminated by either refreshing the image at a sufficiently high rate or by choosing a phosphor with a sufficiently long time constant. A model is presented that represents the visual system's response to flicker as a series of RC stages. The CRO phosphor is represented as an additional RC stage. Therefore, increasing the refresh rate is much more effective in reducing apparent flicker than increasing the phosphor time constant. Further, the time constant of the phosphor must not be so long as to cause smearing of imagery in motion.

The critical flicker fusion frequency for a particular individual is influenced by a number of factors including the luminance, size, and chromaticity of the flickering field, and the retinal region being stimulated. In general, the critical frequency lies somewhere between 40 and 70 Hz.

Stewart, T.F.M. *Eyestrain and Visual Display Units: A Review.* Displays, 1:25-32, April 1979.

Many theories exist regarding the origin of visual fatigue. The most satisfactory is one which integrates other conflicting theories. This theory holds that "visual fatigue may be the sensation that results from the system responding to feedback that the image is not clear". If the image is degraded, continued attempts will be made to produce a satisfactory percept. The paper discusses five factors that cause or aggravate visual fatigue: visual aspects, posture, general environment, work design, and individual characteristics.

Visual Factors:

Poor image quality can lead to visual fatigue. Parameters that affect quality include character size and shape, intercharacter spacing, stability, resolution, luminance, contrast, and chromaticity.

The optimum character height is 20 minutes of arc, and the width should be 70-80 percent of the height. Space between characters should be 20-50 percent of the height.

The shape of characters on an interlaced display may be enhanced by filling in a dot in one field of the frame where two dots, each in both fields, meet diagonally. However, because each field is refreshed at half the line frequency, dots on only one field will "jitter" or "shimmer". In fact, flicker at that frequency has been known to induce epileptic seizures in susceptible people. The perception of flicker is affected by various display characteristics such as colour, size and brightness of the image. Further, power supply instabilities may cause the whole screen image to waver in slow rhythmic waves.

Because the human eye is most sensitive to the yellow/green part of the spectrum, a green phosphor is often recommended as being restful. However, this position has no empirical support. For monochrome displays, luminance contrast is more important than colour.

Reflections on the surface of the VDU are a major problem for the user because they are distracting. Contrast between characters and screen background is reduced, resulting in a reduction in legibility of text. Because the reflected images differ slightly from the displayed characters in viewing distance, the eyes will attempt to focus on either one image or another. Focussing effort is increased. Shielding and appropriate repositioning of the screen can reduce glare, and various types of filters can be obtained to reduce reflections.

Contrast glare arising from too bright an environment around the VDU increases viewing problems. Because VDU operators look frequently but briefly at the VDU screen, insufficient adaptation occurs and probably inadequate accommodation. Contrast glare can be reduced by selecting a compromise room light level which is bright enough for paperwork but does not significantly reduce screen contrast. A light level between 300 and 500 lux is recommended. The luminance ratios of VDU, desk and room should not exceed 1:3:10.

Difficulties can also arise from light reflections from shiny key tops. Keys should have a matt surface and be a neutral colour.

Posture:

People will adopt postures which will improve matters in the short term but cause them increased strain and fatigue in the longer term. Poor positioning of the screen and keyboard force uncomfortable postures. The optimum height of a keyboard is such that the forearms are approximately horizontal. The optimum height for the screen is such that the line of sight of the operator is about 30-40 degrees below the horizontal. Since operators vary in size, the equipment should be designed so that these components can be adjusted independently. Another item which causes problems is the lack of an appropriate surface to place documents. Lecturn type document holders can reduce the contortions resulting from reading from paper laying on a horizontal disk surface. Ideally, the paper source, keyboard and screen should all be the same distance from the eyes.

Even an ideal posture is tiring if maintained for a long period. Adjustability of the equipment components allows the operator to make slight variations in posture.

General Environment:

Visual relief areas should be present to allow the operator to rest the eyes by viewing a patterned space at a distance. The space could be a bright corner, or plants, or a window view.

Adequate air conditioning is required to remove the heat generated by VDUs. Humidity control is needed to prevent drying of the secretions on the surface of the eyes, and to prevent irritation and feelings of itchiness or fatigue.

Noise from printers associated with many VDUs often exceed the 55 to 65 dB(A) levels recommended for office areas, and can be quite distracting and objectionable. Some people with sensitive hearing are bothered by the high frequency tone emitted by high voltage video circuitry.

Work Design:

When a user's work is meaningful and under personal control, minor inadequacies in work place design are likely to have minimal consequences. Consultations with users on workplace and work design are helpful in improving attitudes and reducing complaints.

Rest pauses should be planned to reduce fatigue and eye strain. Computerized tasks should be arranged to permit continued pride in one's work. Training and user support should be adequate to avoid additional stress and fatigue.

Individual Characteristics:

The occurrence of eyestrain also depends on some personal factors such as general health, general fatigue, smoking and drinking habits. Also, the quality of vision is known to deteriorate with age. However, older workers may have less trouble with reading from a VDU than from paper documents where viewing distance is usually shorter. VDU work seems to make people

more aware of defects in their vision. As many as 30 percent of the population may have uncorrected or inadequately corrected visual defects.

Operators who wear glasses with a strong correction, may have quite a small depth of field. It is especially important for these people that keyboard, screen and paper source are all at the same viewing distance. Bifocal glasses can be a problem if they are designed for non-VDU use since the VDU is usually placed at a distance farther from that adopted for reading text on paper. Bifocals also encourage the adoption of unnatural postures when the screen position is not easily adjustable.

A2. POSTURAL EFFECTS

Corlett, E.N. and Manenica, I. *The Effects and Measurement of Working Postures.* Applied Ergonomics, 1980, 11:7-16.

The use of reported pain as an indicator of postural defects in the workplace was reviewed. Poor posture has been shown to lead either to a medium term effect (pain extending beyond the work period) or to a long term effect (bodily distortion). Short term effects tend to go unrecognized but have a major influence on performance.

In a series of experiments, a discomfort score was obtained by asking workers to identify, in decreasing order of pain level, which body parts were experiencing pain. A general comfort question was also asked. General discomfort appeared to be experienced when more than one part of the body was in moderate to high pain.

Pain was found to grow with working time. Further, a 3/4 hour pause for lunch was found to contribute a relatively small recovery, and the rate of increase of discomfort was approximately the same after as before the break. Pain intensity was found to be a linear function of the percentage of maximum endurance time. That is, when workload caused maximum endurance time to vary, pain level was proportional to the percentage of the total endurance time. The authors conclude that one cannot expect body postures to be maintained for significant proportions of the working day, without inducing considerable pain.

Hunting, W., Laubli, T. and Grandjean, E. *Constrained Postures of VDU Operators* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

The paper reports the results of a study of office keyboard operators and office workers who did no typing. Physical impairments and workplace design were evaluated. Physical impairments were assessed by a questionnaire, workplace dimensions were measured, and medical examinations of muscles and joints were made.

The questionnaire showed that about 10-15 percent of data entry terminal operators reported "almost daily" pains in the neck, shoulders, and right arm and hand. About half as many conversational terminal operators and typists reported pain in those areas, and almost none of the non-typists surveyed reported pain.

This pattern was repeated by medical findings regarding painful pressure points in the area of the shoulders, and pains in the neck and forearm muscles.

These results were taken as evidence that constrained postures may produce persistent injuries in muscles and tendons. Measurements of workplace dimensions indicated that one source of the problems might have been excessive heights of desk and keyboard levels above the floor. In fact, it was found that excessively high keyboard heights were related to a decreased incidence of physical complaints. This unexpected relationship was thought to have occurred for two reasons. First, when the source documents were laying on a relatively high desk, the postures of the head and trunk were improved, reducing the incidence of impairments. Second, operators using high keyboards tended to rest forearms and hands more often. The authors recommended the lower keyboard heights but with an adequate adjustable support for source documents. Provision should also be made for hand and forearm support especially when the task is characterized by frequent waiting times.

Hunting, W., Grandjean, E., and Maeda, K. *Constrained Postures in Accounting Machine Operators.* Applied Ergonomics, 1980, 11:145-149.

The effects of constrained postures on the frequency of physical complaints was investigated in a group of 119 female accounting machine operators. A control group of 57 shopgirls in a department store was also studied. The machine operator's task was to turn coupons on a table with the left hand, and to enter numerical data from the coupons on a keyboard. The average daily work on the accounting machine was five to six hours. Keying speed varied from 8000 to 12000 strokes/hour. The shopgirls spent their average day walking 58 min, standing 5 hr 25 min, and bending down 62 min.

Symptoms such as stiffness, tiredness, pains and cramps were assessed for each part of the body on a 3-point ordinal scale. There were no differences between the groups with respect to reported impairments in the trunk. However, the machine operators reported a significantly higher frequency of impairments in hands and arms than the shopgirls. Of these impairments, significantly more were reported on the right than on the left side. The shopgirls reported significantly more frequent and intense impairments in the legs than the machine operators. Of the questions related to general health, significantly more of the machine operators than the shopgirls reported "eyestrain" and "painful eyes".

The complaints of the machine operators were related to poor work place design such as improper orientation of the keyboard, improper height of the keyboard and source of documents, and the absence of a support for the right hand or forearm.

Nelson, T.M. and Ladan, C.J. *Patterns and Correlates of Fatigue among Office Workers.* J. Occup. Psychol., 1976, 49:65-74.

It is noted that individual characteristics manifested as tiredness and boredom may be related to job satisfaction, and that patterns of fatigue should be considered in planning rest pauses. The paper reports the results of a study using the Feeling Tone Checklist, developed by Pearson and Byars (1957), to measure variations in fatigue over the work day and the work week.

Subjects were 89 clerical staff, 28 of whom worked on a ten-hour-per-day four-day week, where the day not worked was rotated weekly. The rest worked an eight-hour five day week.

Feeling tone varied in a U-shaped function over the week, with Monday and Friday being the highest points. Tuesday was the lowest point. Averages within days showed that feeling tone was relatively high and constant during the morning hours, but dropped precipitously during the afternoon hours. No significant differences were found between the four and five work day groups. The author warns that the results are subject to variation by individual differences, but these data were not reported.

Because morning levels of feeling tone were high and declined only slightly, fatigue might be alleviated by alterations of afternoon schedules. Fatigue did not appear to be cumulative in relation to rest days since both the four and five day groups reported similar patterns. Therefore, the results appear due to motivational or cognitive factors. This hypothesis is further supported by the observation that employees who were employed longest felt best at days end. The authors suggest that the symptoms of fatigue may be similar to those resulting from perceptual deprivation.

A3. JOB CHARACTERISTICS

Elias, R., Cail, F., Tisserand, M., and Christmann, H. *Investigations in Operators Working with CRT Display Terminals: Relationships between Task Content and Psychophysiological Alterations* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

Health complaints were obtained via a questionnaire from two groups of women VDU operators. One group carried on a dialogue with a computer in the context of a publishing house and a pharmaceutical distribution company. The other group performed off-line data-acquisition in banking centres. With the aid of an eye movement recorder, data acquisition was characterized as a fragmented task with a higher frequency of sweeps between the visual display and documents than the dialogue task. It also was more restrictive, required less necessary learning, and consisted of shorter work cycles.

The questionnaire indicated that significantly more of data acquisition operators than dialogue operators were dissatisfied with their job. Further, significantly more of the data acquisition group reported psychosomatic disorders such as swellings, constipation, palpitations, and chest pains, nervous disturbances such as anxiety, irritability, and depression, and troubled sleep. Significantly more of the data acquisition group also reported visual strain symptoms such as a prickling sensation, blurred vision, discomfort glare, visual acuity weakness, and headaches. Pains also were reported significantly more often by the data acquisition group in the area of the neck, right shoulder, upper back, and lower back.

Smith, M.J., Stammerjohn, L.W., Cohen, B.G.F., and Lalich, N.R. *Job Stress in Video Display Operations* in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean and E. Vigliani, (Eds.), London: Taylor and Francis, 1980.

The paper reports on the results of a NIOSH survey of VDU operators at three sites in the United States that evaluated psychosocial stress and health complaints of the operators. Control groups were also included in the survey. Response rates tended to be quite low for both experimental and control groups at all three sites.

The survey results showed that all worker groups reported high levels of psychosocial stress. Also, the results indicated that job demands were responsible for a significant proportion of job stress and health complaints of VDU operators independent of their use of VDUs. Because VDU operators at one site showed more stress and health complaints than their controls and VDU operators at the other two sites, VDU use appears to interact with non-VDU related factors in this regard. The type of health complaints appeared also to have been influenced by job demand factors. At one location, typical health complaints from VDU operators were the expected visual and musculoskeletal variety. At the other two locations where job future and career growth were of greater concern, operators displayed more psychological problems such as anxiety and irritability.

The authors concluded that ergonomic solutions to inadequacies in workplace design must be supplemented with proper job design to maximize the protection of operator health.

A4. RADIATION

Anderson, G.E., Tell, R.A. and Youmans, H.D. *Spectral Transmission and Attenuation of X-Radiation by Glasses and Resins used in Color Television Picture Tubes.* IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-16 (2): 82-88, 1970.

The paper reports on a study that determined the variables affecting X-ray protective properties of selected glasses and bonding resins used in the manufacture of television picture tubes. Results showed that the glass safety panel, normally bonded with resin to the face plate of the tube, reduced the photon rate by 75 percent. Measurements were made while displaying a green raster since others have found that X-ray production is most efficient for this phosphor. Tube voltage, which was 27.5 kv in this case, needs to be specified because the face plate becomes increasingly transparent as photon energy increases. Photon flux was reported to be maximal normal to the screen surface, and the flux density was found to be one-half the axial value at an angle of about 30 degrees on either side of the tube axis.

The attenuation coefficients of different glasses and resins were studied using an X-ray machine for which the emission spectra were matched to those of a picture tube. In general, it was found that the attenuation coefficient depended markedly on photon energy and thickness of the material. There were also large differences among the different materials tested.

Braestrup, C.B. and Mooney, R.T. *X-Ray Emission from Television Sets.* Science, 130:1071-1074, 1959.

The paper reports the results of studies to evaluate the gonad dose to the population of X-rays generated by television picture tubes. Authorities such as the International Commission of Radiological Protection, the National

Academy of Sciences, and the British Medical Research Council, agree "that the dose to the gonads should be kept as low as possible without sacrificing the many benefits associated with the use of radiation". Televisions are a potential source of non-useful X-rays. Because they are watched by a high percentage of the population, even small amounts of emitted radiation is of interest because of the possible impact on the gene pool.

The amount of X-rays emitted was found to vary greatly as a function of tube voltage. The author states that emission varies as the 20th power of tube potential. Thus, a stable tube voltage is a requirement if radiation measurements are to have any meaning.

The voltage on most home television sets ranges from 10 to 25 kv. The level of radiation emitted by a television tube depends on the distance of the measuring probe from the tube. Because of the large area of the source, there is no effect of distance within eight cm of the surface. Between eight and 100 cm, the rate of reduction is less than at distances over 100 cm where the decrease follows the inverse square law. The relative levels of radiation at given distances depend on raster size and tube potential.

Attenuation experiments indicated that the level of radiation was much reduced by a thin glass barrier. It was also noted that the amount of attenuation is greatly affected by tube voltage and the presence or absence in the glass of materials of high atomic number.

Depth dose estimates were made using a water phantom at a distance of 100 cm from the X-ray source operating at 25 kv and 20 ma. Measurements were made at a depth in the water of one and five cm, the average depths of the testes and ovaries, respectively. The depth dose at one cm was reported to be 75 percent, and at five cm, 10.8 percent, of the air exposure dose. The effect of tube voltage is evident from the finding that the depth dose at five cm was 0.01 percent for 15 kv and two percent for 20 kv. Thus, tube voltage has the most influence on the depth dose to the gonads. A variation of one kv can change the dose to the ovaries by a factor of six.

The population gonad dose from television is estimated based on an average of 1000 viewing hours per person per year. The radiation level is assumed to be the current maximum allowable level of .5 mR/hr measured at five cm from the screen. Values are computed for viewing distances of 100 and 200 cm. The estimated yearly gonad dose for females at 100 cm is 4.4 mrad, and the dose at 200 cm is 1.1 mrad. The estimated yearly dose for males at 100 cm is 30 mrad, and the dose at 200 cm is 7.5 mrad. These levels are compared to the average natural background radiation level of 100 mrad per year. The author concludes that the additional exposure obtained at "normal" viewing distances is acceptable.

Buckler, G. *VDT Radiation Levels not Harmful, Tests Show.* Computing Canada, p. 4, November 25, 1980.

This newspaper article reports on the results of a study of 86 VDTs at Metropolitan Life Insurance Co. in Ottawa and Toronto. The study, conducted by a private consulting firm, measured levels of X-ray and RF radiation. The highest measured RF level was 50 times lower than the government maximum permissible level. The maximum X-ray reading from a VDT was .05 mR/hr which is 10 times less than the maximum permissible level of .5 mR/hr. Momentary

increases up to .75 mR/hr were thought to be due to background radiation sources since they were also observed while making background level readings. The average background X-radiation varied from .01 to .04 mR/hr.

Eleccion, M. *X-Radiation from Colour Television Receivers.* IEEE Spectrum, pp. 95-104, July 1968.

The paper summarizes the issues discussed at the Conference on Detection and Measurement of X-Radiation from Color Television Receivers held by the Public Health Service's National Center for Radiological Health (NCRH) in cooperation with the Electronics Industries Association (EIA).

The maximum safe level of X-radiation from televisions has been defined by the NCRH as .5 mR/hr averaged over an area of 10 cm^2 at any external location five cm from the surface of the television receiver cabinet under normal operating conditions. At a viewing distance of 2.3 meters, this level of radiation would be below the background radiation level of .01 to .02 mR/hr. Therefore, the author concludes that the safety standard recommended by NCRH is conservative.

An NCRH speaker at the conference concluded that X-radiation standards should be based on health-related criteria, and should emphasize the importance of a "virtual absence" of X-ray emission from any colour receiver surface.

It is noted that targets of high atomic weight yield larger amounts of X-rays, and that the greater the speed of the cathode electrons, the more penetrating, or harder, the resulting X-rays. A paper from Zenith Radio Corporation indicated that 80 percent of the electrons in the scanning beam are intercepted by the shadow mask in colour receivers, and the remaining 20 percent excite the phosphor screen. Thus, most of the X-radiation originates at the shadow mask. Different colour phosphors emit differing amounts of X-radiation with green emitting the highest level, blue the next highest, and red, the lowest. The latter differences probably arise because the phosphor atoms differ in atomic weights. The level of radiation was found to be sensitive to line voltage. A five volt increase in the line voltage can raise the level by a factor of two.

Another paper from NCRH concluded that, although acute effects of radiation from televisions is highly improbable, late effects from chronic exposure are of concern. Further, instrumentation needs to be developed to provide detailed information on narrow high-intensity beams.

A paper from the University of Chicago concluded that only a negligible radiation dose reaches the depths of most critical organs. Only the eyes and the testicles are sufficiently close to the surface to be at all at risk.

In conclusion, the record indicates to Mr. Eleccion that a properly operating television receiver emits a level of ionizing radiation that is too low to cause somatic injury. However, it is recognized that the question of possible long term effects has not been resolved, and that steps need to be taken to maintain radiation output at as low a level as possible.

Harvey, T.S. *Experiments with White Rats, Bush Beans, and Tradescantia Plants in the Vicinity of Television Receivers.* IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-13: 51-63, July, 1967.

The report describes experiments on possible biological effects of proximity to a television set due to X-ray exposure. Since typical colour television sets produce no more than .05 mR/hr, the emission of X-rays from colour television sets was considered negligible relative to background radiation levels.

The highest level used in the experiments was 1.5 mR/hr. The accumulated dose was as high as 240 times the average dose that would be received by a viewer exposed to the recommended maximum safe level for 1000 hrs from a viewing distance of one meter. The rats developed normally and produced normal offsprings. Histological analyses showed no abnormalities of the brain, gonads, spleen, and sternum. The plants also matured and reproduced normally.

Health and Welfare, Canada. *The Television Set and X-Radiation.* Dispatch No. 31 (Revised). Educational Services, Health Protection Branch, Summer, 1978.

The three page document briefly discusses the nature and effects of X-radiation, mentions some sources of X-radiation encountered in health services, industry, the home, and other areas such as airports, and discusses related standards for television receivers. The latter are primarily of interest here.

Black and white television sets operate at a much lower voltage than colour televisions, so are not a source of concern. A Canadian survey, conducted on TVs purchased during or before 1969, showed that about 11 percent of the sets tested emitted radiation above the accepted international standard of 0.5 mR/hr. The standard is thought to carry a high safety margin. The Radiation Emitting Devices Act requires that all new television receivers sold in Canada since 1975 must not exceed this standard even if failure or malfunction of one or more components occurs. The regulation is enforced by Health Protection Branch inspectors who regularly inspect the premises of Canadian plants that manufacture televisions, and samples of foreign-made receivers are routinely inspected in the Health Protection Branch laboratories.

Marshall, E. *FDA Sees no Radiation Risk in VDT Screens.* Science, 212:1120-1121, 1981.

The paper reports on testimony given by engineers and radiological specialists to the investigations subcommittee of the House Committee on Science and Technology (U.S.). The essence of the testimony was that there is no reason to think that video display terminals (VDTs) emit harmful radiation.

The possibility that microwave radiation from VDTs may be harmful was discussed. Such radiation has been found to produce cataracts in rabbits' eyes. When two New York Times VDT operators developed cataracts, the VDTs were suspected as the cause. However, measurements showed that VDTs produce no microwave radiation.

The director of the Bureau of Radiological Health at the Food and Drug Administration pointed out that four percent of the population between 35 and 45 suffers from natural cataracts. Since about seven million people in the U.S. regularly use VDTs, it should be within statistical norms for 280,000 of these users to have cataracts at an early age.

Moss, C.E., Murray, W.E., Parr, W.H., Messite, J., and Karches, G.J. *A Report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals.* National Institute for Occupational Safety and Health, Report No. N10SH 78-129, December, 1977.

Electromagnetic (EM) radiation was measured from several models and types of video display terminals (VDT). The EM spectrum was examined in the X-ray region, the visible region extending into the ultraviolet and infrared, and the radio frequency (RF) region. The microwave region was not examined. The ultraviolet radiation emitted by the VDTs was six orders of magnitude lower than the occupational exposure standard. Infrared and RF radiation was not detectable. X-ray emission from the VDTs was about one-third of the occupational exposure standard of 2.5 mR/hr. The report concludes that EM radiation from VDTs is considerably below current safety standards.

Murray, W.E., Moss, C.E., Parr, W.H., and Cox, C. *A Radiation and Industrial Hygiene Survey of Video Display Terminal Operations.* Human Factors, 1981, 23:413-420.

A survey was performed by NIOSH at the request of several labour unions representing three different companies. Electromagnetic radiation measurements were made on a sample of 136 of 530 VDTs, and samples of workroom air were analyzed to measure airborne levels of hydrocarbons, carbon monoxide, formaldehyde, and acetic acid. The study found no indication of hazards from either radiation or chemical contaminants. X-radiation exposure rates as low as .05 mR/hr could be measured with an overall accuracy of plus or minus 15 percent.

Wang, Y-S. *Measurement of Ionization Radiation from Color Television Receivers by Thermoluminescent Dosimeters.* Health Physics, 28(1):78-80, 1975.

The paper introduces a new thermoluminescent technique that is very sensitive to low doses of X-radiation. The technique was used to measure ionizing radiation emission from 28 randomly chosen colour television home receivers in Taiwan. Radiation levels varied from .001 to .255 mR/hr under normal working conditions. Data was presented for 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, and 25 inch picture tubes. On the average, radiation levels measured at the sides of the sets was about 27 percent of the levels measured at the front of the sets. The levels emitted at the front of the 20 and 25 inch sets was approximately double the level emitted at the front of sets 19 inch and smaller. Emission levels measured at the front of the 20 inch sets was approximately 17% of the levels measured inside the television set around the picture tube.

CRC DOCUMENT CONTROL DATA

1. **ORIGINATOR:** Department of Communications / Communications Research Centre

2. **DOCUMENT NO:** CRC Technical Note No. 712-E

3. **DOCUMENT DATE:** February 1982

4. **DOCUMENT TITLE:** Review of Health and Safety Aspects of Video Display Terminals

5. **AUTHOR(s):** W. C. Treurniet

6. **KEYWORDS:** (1) Video
(2) Terminals
(3) Health

7. **SUBJECT CATEGORY (FIELD & GROUP: COSATI)**

05 Behavioral and Social Sciences

05 05 Human Factors Engineering

8. **ABSTRACT:**

As in Abstract (page 1)

9. **CITATION:**

Centre de Recherches sur les Communications

REVUE DES ASPECTS SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TERMINAUX À ÉCRAN D'AFFICHAGE

par

W.C. TREURNIET

NOTE TECHNIQUE N° 712-F DU CRC

Ministère des Communications
Department of Communications

OTTAWA, FÉVRIER 1982

CENTRE DE RECHERCHES SUR LES COMMUNICATIONS

MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS
CANADA

REVUE DES ASPECTS SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TERMINAUX À ÉCRAN D'AFFICHAGE

par

W.C. Treurniet

(Gestion des applications de l'informatique)

NOTE TECHNIQUE N° 712-F DU CRC

Février 1982
OTTAWA

ATTENTION

Ces renseignements sont fournis à la condition expresse que les droits de propriété et les droits de brevet soient protégés.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ 1

1. INTRODUCTION 1

2. FATIGUE 2

2.1 Fatigue visuelle 2
2.1.1 Reflets 3
2.1.2 Éblouissement par contraste 3
2.1.3 Qualité de l'affichage 4
2.1.4 Ophtalmopathies 4

2.2 Fatigue musculaire 6

3. CONDITIONS DU MILIEU 7

4. CARACTÉRISTIQUES DE LA TÂCHE 7

5. ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES 9

6. CONCLUSIONS 9

7. RÉFÉRENCES 10

APPENDICE A – Bibliographie annotée 15

A1. Effets sur la vision 15

A2. Effets de la posture 32

A3. Caractéristiques de l'emploi 34

A4. Rayonnement 35

REVUE DES ASPECTS SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TERMINAUX À ÉCRAN D'AFFICHAGE

par

W.C. Treurniet

RÉSUMÉ

Le présent article fait la revue des facteurs causant les plaintes des travailleurs à l'introduction de terminaux à écran d'affichage dans leur lieu de travail. Les données recueillies par enquête dans le milieu indiquent qu'un certain nombre de facteurs ergonomiques et certaines caractéristiques de l'emploi peuvent contribuer aux plaintes de malaises des usagers de TÉA. De façon spécifique, les plaintes de troubles visuels sont reliées à un éclairage ambiant inadapté (pouvant causer des reflets ennuyeux et des éblouissements par contraste), à une mauvais qualité d'affichage, et à des ophtalmopathies. Les plaintes de douleurs musculaires et de fatigue sont reliées à une mauvaise conception du lieu de travail: hauteur inappropriée de la chaise, du clavier et de l'écran d'affichage, ainsi qu'absence de porte-copie et de supports pour les avant-bras et les poignets. De plus, la littérature suggère que l'attitude du travailleur envers sa tâche joue sur la fréquence de ce genre de plaintes: une attitude négative due au fait qu'on effectue une tâche routinière ou qu'on ne possède pas de possibilité d'avancement, provoque plus de plaintes contre les déficiences ergonomiques.

La revue envisage aussi la question des émissions électromagnétiques par les écrans d'affichage. Des études récentes montrent que les TÉA modernes n'émettent aucun rayonnement détectable.

1. INTRODUCTION

Les terminaux à écran d'affichage (TÉA) deviennent rapidement de lien principal entre les humains et l'appareillage moderne de traitement de l'information dans divers environnements. L'accroissement de leur usage a créé des craintes quant au danger potentiel pour les préposés. Les plus graves accusaient les TÉA d'émettre des rayonnements électromagnétiques capables de produire des modifications biologiques indésirables. Il en est résulté une concentration de l'attention scientifique sur les TÉA dans les

lieux de travail permettant d'identifier diverses exigences ergonomiques qui souvent, n'étaient pas satisfaites. On a considéré que la conception inadéquate des TÉA et des lieux de travail étaient responsable d'un certain nombre des plaintes des usagers de ces appareils. On a aussi identifié des troubles de la vue comme des causes possibles de plaintes. Enfin, des effets psychologiques de la structure des tâches ont récemment poussé à examiner la relation entre l'emploi tel qu'il est conçu et l'acceptation des TÉA par les travailleurs. L'évaluation des effets négatifs possibles de l'usage des TÉA dans le contexte de l'environnement global du travail est beaucoup plus complexe que si l'on ne devait considérer que le TÉA et l'opérateur.

La présente revue examine la connaissance actuelle des effets de l'usage des TÉA sur la santé et la sécurité du préposé. On considèrera la question sous les aspects suivants: (1) fatigue visuelle et musculaire due à une conception inadéquate du TÉA et du lieu de travail, (2) caractéristiques de l'environnement et de la tâche, et (3) émissions électromagnétiques. On a obtenu la plupart des données subjectives d'études sur les lieux manquant de façon notoire d'un contrôle expérimental adéquat. Par exemple, le groupe témoin peut ne pas effectuer exactement la même tâche que le groupe expérimental, ou le pourcentage des questionnaires retournés peut être si faible que les différences entre les conditions expérimentales pourraient facilement être attribuées à un échantillonnage biaisé. Malgré ces difficultés méthodologiques, il a été possible de tirer de la littérature un concensus quant aux sources de problèmes reliés à l'introduction des TÉA sur les lieux de travail. L'appendice A, ci-joint, constitue une bibliographie annotée des articles pertinents.

2. FATIGUE

Les plaintes des opérateurs de TÉA se divisent habituellement en deux catégories: l'une d'elles décrit les effets de la fatigue visuelle, et l'autre les effets de la fatigue musculaire. La fatigue visuelle provient de diverses caractéristiques de l'écran et de son entourage, comme la luminance et le contraste. La fatigue musculaire est accélérée par une posture ou un support inappropriés en raison d'une mauvaise conception du lieu de travail. Le présent chapitre traite de ces deux sortes de fatigue.

2.1 FATIGUE VISUELLE

Les symptômes de fatigue visuelle éprouvés par les opérateurs de TÉA sont décrits dans la littérature. Par exemple citons: irritation, mal aux yeux, larmes, céphalées diffuses, perte d'acuité visuelle, brouillage ou dédoublement visuel, et difficulté à garder les yeux ouverts (*Ostberg, 1975; Bedwell, 1978; Elias et coll., 1980; Smith, 1979*). Des études sur les lieux de travail avec TÉA ont attribué la responsabilité des plaintes en question à certaines caractéristiques de l'opérateur, de l'affichage et de l'environnement. Reflets, éblouissement, mauvaise qualité de l'image et un certain nombre d'ophtalmopathies sont nommément les facteurs principaux blâmés pour la fatigue visuelle.

2.1.1 Reflets

Les reflets sur l'écran d'un TÉA et sur les boutons de certains claviers peuvent être diffus ou directs. Les reflets diffus proviennent d'un éclairage indirect et peuvent réduire le contraste de l'écran d'affichage en augmentant sa luminance de fond. Il ne s'agit pas là d'un sérieux problème dans la mesure où la luminance de fond ne dépasse pas environ 20 cd/m^2. Habituellement, l'usager peut augmenter la luminance de l'affichage pour obtenir le contraste recommandé de 10/1 entre l'affichage et le fond (*Cakir et coll., 1980*). Par contre, les reflets directs ont des conséquences plus graves. Ils se produisent lorsque l'écran, agisant comme un miroir, réfléchit l'image de l'environnement immédiat pouvant contenir des sources d'éclairage direct ou d'autres objets. Les reflets directs peuvent interférer d'au moins deux façons avec la vision de l'affichage: la luminance additionnelle de l'image réfléchie peut causer un malaise dû à l'éblouissement si la source est suffisamment brillante; la distraction de l'attention causée par le reflet pose un problème plus sérieux. La charge mentale de travail est augmentée lorsque le préposé doit séparer les éléments de son champ visuel qu'il doit considérer ou négliger. De plus, puisque les plans focaux des renseignements affichés et réfléchis sont situés à des distances différentes de l'oeil, l'une ou l'autre des images apparaît dédoublée. Les tentatives de correction du dédoublement font perdre la mise au point sur l'autre image. La position d'accommodation a donc tendance à osciller entre les deux plans en question *(Cakir, 1980)*.

La principale source de reflets sur les écrans TÉA est la lumière provenant des fenêtres. On minimise le reflet en plaçant l'écran de façon à ce qu'il soit perpendiculaire au plan des fenêtres. La littérature recommande aussi que les écrans soient perpendiculaires à l'éclairage fluorescent du plafond. Une autre recommandation: des écrans filtres qu'on doit cependant choisir avec soin, car certains produisent une diminution marquée de la luminance de l'écran, et peuvent même produire des reflets additionnels à leur surface. La finition des touches des claviers devrait être mate pour causer le moins de reflets possible.

2.1.2 Éblouissement par contraste

L'éblouissement par contraste est une autre source de plaintes des préposés due aux caractéristiques de l'appareil et de son environnement (*Ostberg, 1975; Stewart, 1979*). Lorsqu'un opérateur de TÉA fait face à une fenêtre éclairée ou lorsqu'il se trouve dans une salle fortement éclairée, la taille de sa pupille varie de façon radicale lorsque le champ de vision passe des endroits éclairés à la surface relativement sombre de l'écran. À ces éxigences soudaines du système iridomoteur sont reliées des sensations de malaise. Une solution apparente serait de diminuer l'intensité de la lumière dans la salle pour qu'elle s'approche davantage de la luminance de l'écran. Cependant, pour bien des tâches, l'opérateur de TÉA doit aussi lire des documents sur papier, ce qui nécessite suffisamment de lumière. À cause de ces besoins conflictuels, on a recommandé comme compromis une luminosité d'environ 300 lux dans la salle (*Cakir et coll., 1980*).

2.1.3 Qualité de l'affichage

La qualité de l'affichage influe sur l'effort qu'un opérateur doit faire pour le lire. Cette qualité a plusieurs dimensions et il faut tenir compte de diverses caractéristiques. La matrice de points des caractères devrait être au moins 5x7 et, d'habitude, on préfère 7x9 pour une bonne lisibilité. La hauteur des caractères devrait être au moins de 3 ou 4 mm, et l'angle sous-tendu devrait égaler au moins 15 à 20 minutes d'arc. La largeur des caractères devrait être d'environ 0,7 ou 0,8 fois leur hauteur. La taille des points devrait être suffisamment grosse pour créer une impression de continuité. Les recommandations concernant l'espacement entre les caractères d'une rangée varient d'un espace tout juste perceptible à la moitié de la hauteur des caractères. En général, on recommande que l'espace entre les rangées soit d'environ 100 à 150 % de la hauteur des caractères. Le contraste entre ces derniers et la luminance de fond de l'écran devrait être 10/1 (p. ex., *Cakir et coll., 1980*).

Même si la plupart des TÉA affichent présentement des caractères brillants sur fond sombre (contraste positif), des travaux récents indiquent que des caractères foncés sur fond brillant (contraste négatif) favorisent une meilleure performance de l'opérateur. De plus, les observateurs ont préféré de façon presque unanime le contraste négatif au contraste positif (*Radl, 1980; Bauer et Cavonius, 1980*). Cependant, pour éviter la présence de clignotement de l'affichage à contraste négatif, le balayage doit être de l'ordre de 70 à 100 Hz. Un affichage à contraste négatif a une luminance plus grande qu'un à contraste positif. La sensibilité de l'oeil au contraste est donc améliorée, la contraction résultante de la pupille permet d'améliorer la profondeur de champ, et il y a aussi augmentation de la vitesse d'accommodation (*Bauer et Cavonius, 1980*). L'augmentation de la profondeur de champ peut être spécialement importante pour les opérateurs les plus âgés ayant perdu beaucoup de leurs capacités d'accommodation.

La couleur préférable pour affichage monochrome a aussi été le sujet d'une certaine recherche. On recommande souvent le vert parce qu'il semble que le système visuel soit plus sensible à cette couleur (*Stewart, 1979*). Cependant, à la suite d'une étude comparant les effets de caractères vert et jaune sur la performance au travail et un certain nombre de paramètres visuels, dont l'acuité et l'adaptation à la couleur, il semble que le jaune soit préférable au vert (*Haider et coll., 1980*).

Une autre étude comparait les préférences et les performances relatives avec du vert, du jaune-vert, deux teintes de jaune, deux teintes d'orange et du blanc, là encore, des deux points de vue, les deux teintes de jaune ont donné de meilleurs résultats que le vert. Ce sont les deux tons d'orange qui ont donné les pires performances et qui ont obtenu les notes les plus basses pour la préférence (*Radl, 1980*).

2.1.4 Ophtalmopathies

On a affirmé que la vue d'au moins 30 % de la population n'était pas corrigée ou l'était de façon inadéquate (*Cakir et coll., 1980; Stewart, 1979*). Ce sont vraisemblablement ces gens qui souffrent le plus de tension oculaire, même lorsqu'ils se servent d'un appareil bien conçu dans l'environnement approprié. Parmi les affections les plus répandues citons: presbytie,

cataractes, déséquilibre oculumoteur, et défaut de convergence.

La presbytie, dont la prévalence augmente avec l'âge, est la diminution progressive de l'amplitude d'accommodation du cristallin. Elle constitue un handicap lorsque l'écran et les documents sources sont situés à des distances différentes de l'oeil. Par conséquent, on recommande souvent qu'il soient placés à des distances semblables pour diminuer la fatigue due à l'accommodation et pour aider les préposés presbites (*Stewart, 1979*).

Le défaut de convergence est une affection de la vision binoculaire caractérisée par un flou ou un dédoublement de la vision. Ces symptomes sont causés par une fusion imprécise des influx propres à chaque oeil pour former l'image binoculaire. Ils peuvent mener à diagnostiquer des troubles de réfraction qu'on traite à tort par des verres plutôt que par des exercises orthoptiques. Environ 10 % des patients en ophtalmologie peuvent souffrir de cette affection (*Mahto, 1971*).

Six muscles contrôlent les mouvements de l'oeil. Pour effectuer un mouvement donné, au moins deux muscles doivent travailler en coopération, la tension de l'un augmentant, et celle de l'autre diminuant. Il se produit un déséquilibre oculomoteur lorsque une mauvaise coopération entre les muscles provoque des tensions non nécessaires. Une tension anormale peut provoquer douleurs et fatigue (*Ostberg, 1978*).

Les cataractes sont des points troubles dans le cristallin. Lorsque ces points deviennent suffisamment gros, ils peuvent provoquer la cécité partielle ou totale. Même si la fréquence des cataractes augmente avec l'âge, on en a signalé environ 4 % chez des personnes relativement jeunes, soit entre 35 et 45 ans (*Marshall, 1981*).

On a suggéré que, même pour des personnes sans troubles de réfraction, l'observation d'écrans de TÉA peut être facilitée par le port de verres permettant de faire le point à l'infini lorsqu'on regarde l'écran. Même si cela peut combattre les spasmes accomodatifs apparaissant à la suite de beaucoup d'observations à courte distance, il existe aussi des indications qu'un conflit avec le sous-système de convergence peut en résulter. Accommodation et convergence sont interdépandants, et si le besoin d'accommodation est éliminé, la nécessité toujours présente de la convergence peut provoquer une tension dans l'oeil (*Hartridge, 1919*). Peut-être pourrait-on combiner des prismes avec les verres pour éliminer à la fois le besoin d'accommodation et de convergence à une distance d'observation prédéterminée. Cependant, l'hypothèse d'une distance d'observation unique n'est probablement pas valable pour la plupart des environnements de travail.

Pour un certain nombre de personnes, la prescription de verres à double foyer permet de satisfaire le besoin d'éloigner le punctum proximum sans rapprocher le punctum remotum. Cependant, les verres conçus pour faciliter la lecture d'un texte sur papier peuvent demander l'adoption de postures fatiguantes lorsqu'on les utilise pour lire sur un écran de TÉA (*Stewart, 1979*). Par conséquent, les optométristes doivent prescrire des verres à double foyer appropriés à l'observation d'écran de TÉA (*Bedwell, 1978*).

Il est évident que les troubles existants de la vision augmentent la probabilité de fatigue à l'observation d'un TÉA. Il n'est pas aussi évident que l'observation prolongée peut causer des affections visuelles permanentes. On accuse l'observation continue à courte distance d'encourager le développement de la myopie. Par exemple, Young (1981) a trouvé que la pression intraoculaire chez les singes augmentait de façon directe avec le pouvoir d'accommodation. Il suggérait que l'augmentation de pression maintenue pendant de longues périodes était responsable de l'allongement de l'oeil produisant une myopie permanente. Cependant, Taylor (1981) maintenait que des études épidémiologiques n'ont fourni aucune preuve que le travail à courte distance provoque une évolution à long terme vers la myopie. Ostberg (1980, 1981) a trouvé que l'observation prolongée de TÉA provoquait une presbytie temporaire en provoquant l'éloignement du punctum proximum. Haider et coll., (1980) ont trouvé que l'observation de TÉA avait des effets sur l'acuité et la perception des couleurs, mais que ces effets aussi étaient temporaires. Il semble donc que l'observation prolongée de TÉA affecte de façon temporaire le fonctionnement de l'oeil. Cependant, il n'y a pas de preuve que des changements permanents se produisent.

2.2 Fatigue musculaire

Nelson et Ladan (1976) ont montré que les travailleurs de bureau ressentent des variations systématiques de la fatigue subjective au cours d'une journée ou d'une semaine. La fatigue était relativement élevée et constante durant la matinée, mais elle diminuait graduellement l'après-midi. Elle était en outre relativement élevée le lundi et le vendredi, mais faible entre temps. Les auteurs expliquent ces modifications tant par des facteurs motivationnels et cognitifs que par la fatigue musculaire.

Corlett et Manenica (1980) ont étudié les plaintes de douleurs et de malaises afin de mesurer l'effet du maintien d'une posture. Il appert que le malaise est fonction du temps d'endurance maximum. C'est-à-dire que l'intensité du malaise signalé par les sujets à un moment donné etait proportionnel au pourcentage déjà écoulé du temps d'endurance total. De plus, une pause de 3/4 d'heure diminuait assez faiblement l'intensité de la douleur signalée et n'avait aucun effet sur le taux d'augmentation du malaise. Les auteurs en concluent que le maintien des mêmes postures pour la plus grande partie de la journée de travail provoque une douleur considérable.

Ces deux études suggèrent a priori que les opérateurs de TÉA éprouvent un malaise corporel lorsqu'ils travaillent de façon continue pendant des périodes relativement longues. Par conséquent, il n'est pas surprenant que des études dans le milieu montrent que les douleurs se développent dans certaines parties du corps des opérateurs de clavier (*Hunting, Laubli et Grandjean, 1980; Elias et coll., 1980; Hunting, Grandjean et Maeda, 1980*). Bien que tous les opérateurs de clavier signalaient plus de douleurs que tous les autres travailleurs de bureau, la fréquence des plaintes était beaucoup plus élevée chez les opérateurs de terminaux d'introduction de données que chez les opérateurs de terminaux conventionnels et les dactylos. Les premiers restent assis pendant des périodes de temps plus longues dans une posture contraignante qui suscite le développement de douleurs dans le cou, les épaules, le bras droit ainsi que la main droite. Un support adéquat du dos, de l'avant-bras ou du poignet et un porte-copie aiderait à diminuer la fatigue musculaire.

Il existe des données anthropométriques pour la conception d'un poste de travail approprié. Vu les variations de taille des gens, les meubles devraient être facilement réglagles (*Stewart, 1979*). L'écran du TÉA et le clavier devraient pouvoir s'ajuster séparément afin d'accommoder les opérateurs de tailles différentes ayant des exigences de travail différentes. Les pieds devraient reposer à plat sur le plancher, les avant-bras être à peu près horizontaux lorsque les doigts sont sur la rangée de lettres médiane du clavier, et le champ de vision devrait s'étendre entre 20 et 40 degrés sous l'horizontale. On recommande aussi que la distance soit la même entre les yeux et le document source, le clavier ou l'écran. Des variations de la posture durant la période de travail semblent nécessaires pour réduire l'accumulation de la fatigue. Le réglage des composantes du poste de travail rendent ces variations possibles.

3. CONDITIONS DU MILIEU

Les postes de travail avec TÉA constituent une addition nouvelle à l'environnement de bureau, et peuvent contribuer aux bruits présents. Celui provenant des ventilateurs de refroidissement de certains modèles peut être irritant. Certains postes de travail incluent des imprimantes qui produisent un bruit allant jusqu'à 75 dB(A), dépassant le niveau de 55 à 65 dB(A) considéré souhaitable dans les bureaux (*Stewart, 1979*).

Les TÉA produisent de la chaleur qu'il faut dissiper. Il est utile de régler l'humidité pour prévenir l'irritation de l'oeil et les sensations de picotement dues à une sécheresse excessive de l'air (*Stewart, 1979*). Une chaleur excessive peut contribuer au développement d'hémorroïdes, surtout chez un travailleur exposé à la chaleur d'appareils avoisinants.

Un travail prolongé avec un TÉA demande beaucoup d'accommodation visuelle à courte distance. Par conséquent, l'environnement du bureau doit être conçu de façon à ce que les yeux puissent se reposer en regardant un espace non uniforme à une certaine distance; ce peut être une vue par la fenêtre ou un aménagement de bureau intéressant comprenant des plantes ou des murales (*Stewart, 1979*).

4. CARACTÉRISTIQUES DE LA TÂCHE

La fatigue provient d'un effort physique, et elle peut être exagérée par un aspect négatif de la tâche du point de vue cognition et motivation. À cause de la nature multi-dimentionnelle du milieu de travail, il est difficile de préciser les facteurs sociaux et personnels qui contribuent à la fatigue.

Smith et coll. (1980) ont constaté que les travailleurs dans un milieu où l'avancement dans la carrière était une source d'inquiétude avait tendance à être plus anxieux et irritables que ceux d'un autre milieu où il n'en était pas ainsi. Les auteurs estimaient qu'une conception inadéquate de la tâche contribuait à la fréquence des plaintes de la part des opérateurs de TÉA.

Elias et coll. (1980) ont trouvé qu'un nombre significativement plus élevé de préposés à la saisie des données que d'opérateurs de terminaux conversationnels étaient insatisfaits de leur travail, et qu'ils avaient plus de symptômes de tension psychologique, psychosomatique et visuelle. La saisie des données était plus limitative, demandait moins d'apprentissage, et elle comptait des cycles de travaux plus courts que l'emploi demandant plus d'interaction.

Les études en question montrent qu'on ne peut pas parler des opérateurs de TÉA comme d'un groupe homogène. Le genre de gestion et de tâches effectuées avec le TÉA influencent les effets sur l'opérateur. Bertinuson (1981) classe les tâches effectuées avec des TÉA en les cotant vaguement selon une échelle allant de bas niveau à haut niveau. L'échelle témoigne sans doute de l'importance de la latitude que le préposé a pour fixer l'allure de son travail, et de la quantité de créativité faisant partie de la tâche. Voici des exemples de tâches incluses dans l'échelle en question: introduction des données, saisie des données, dialogue, traitement des mots, programmation, composition de textes, conception graphique et travail scientifique. Les trois premiers genres d'emploi limitent le préposé à des programmes déterminés d'avance, alors que les autres se servent du TÉA comme d'un outil à fonction créatrice. À cause de la définition préalable des programmes dans les trois premières places d'emploi, les employeurs peuvent se servir d'ordinateurs pour surveiller la productivité des employés, ce que ces derniers perçoivent souvent comme menaçant. Il existe aussi une attendance à diviser les tâches en travaux plus petits (les rendant plus routiniers) peut-être dans le but de diminuer la durée de la formation, ou parce que les programmes des ordinateurs ont tendance à être rigides. Gregory (1981) suggérait la possibilité d'améliorer la tâche d'introduction de données en y intégrant plus de capacités, soit en donnant aux préposés plus de latitude dans le choix de leur allure de travail et de la façon de l'effectuer, soit en faisant plus de formation au travail, en augmentant les chances d'avancement, les pauses et le salaire ou en diminuant la durée de la semaine de travail. Sauter (1981) a noté que, bien qu'un logiciel intelligent puisse servir d'une façon négative à surveiller la productivité des employés, il peut aussi aider le préposé en guidant son processus de cognition et en diminuant la charge de connaissances. Guion (1981) a suggéré que la complexité de la tâche devrait être adaptée aux capacités des employés. Certaines personnes, ne voulant pas effectuer des tâches constituant un défi, peuvent préférer la monotonie de l'introduction des données.

Les pauses peuvent aider à réduire la tension visuelle résultant d'un travail avec TÉA (Haider et coll., 1980). Cependant, le rapport optimum de périodes de travail et de repos dépend probablement de la tâche (Ostberg, 1975). On a suggéré de permettre 15 minutes de repos pour chaque heure de travail ou une demi-heure pour deux heures. Par ailleurs, on suggère aussi de planifier le travail d'un employé de façon à ce que deux heures de travail avec TÉA soient suivies de deux heures passées à effectuer d'autres tâches ne demandant pas d'accommodation visuelle à courte distance. Ces chois sont disponibles pour un directeur intéressé à préserver la santé et le bien-être de ses employé(e)s et à améliorer leur productivité.

5. ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Individus, syndicats, gouvernements et industries se sont inquiétés du danger potentiel de rayonnement par les TÉA. À cause de ces inquiétudes, un certain nombre de recherches ont étudié les niveaux d'émission de rayonnements ionisants et non ionisants par des échantillons représentatifs de TÉA et de téléviseurs en couleur (p. ex., *Moss et coll., 1977; Buckler, 1980; Wang, 1978; Murray et coll., 1981*). Les études les plus récentes montrent que les TÉA modernes n'émettent pas de niveau détectable de rayonnement à quelque fréquence que ce soit. Des articles de journaux récents suggéraient que les microondes émises par les TÉA étaient responsables des cataractes de deux employés du New York Times et que, au Toronto Star, les rayons-X provenant de TÉA étaient la cause de quatre cas de malformations congénitales. Cependant, dans les deux cas, des essais sur les TÉA n'ont montré aucun signe de rayonnement (*Marshall, 1981*).

Les autorités gouvernementales au Canada et aux États-Unis soutiennent que les téléviseurs et les TÉA modernes ne produisent pas de niveau détectable de rayonnements ionisants (*Létourneau, 1981; Marshall, 1981*). Le *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) américain prétend que ses appareils ont une sensibilité de cinq fois le niveau de rayonnement de fond (*Murray et coll., 1981*). Santé et Bien-être social Canada peut mesurer des niveaux de rayon-X du millième de la valeur de fond (*Létourneau, 1981*). De plus, Zuk (communication personnelle) a indiqué que Santé et Bien-être social Canada demande aux fabricants de retirer du marché canadien les téléviseurs émettant des rayons-X au cours d'essais systématiques. Cette règle de conduite est justifiable puisque, avec la technologie actuelle, il n'est besoin que d'un coût minime pour s'assurer que les tubes de téléviseurs n'émettent aucun rayon-X détectable.

L'effet d'un champ électrique statique sur les opérateurs de TÉA est une nouvelle cause supplémentaire d'inquiétude. Ostberg (1981) a noté qu'environ 100 opérateurs de TÉA dans les pays scandinaves ont souffert d'éruptions faciales. Il a émis l'hypothèse que les particules ionisées dangereuses d'environnements donnés sont attirées vers le visage à cause d'un gradient de champ électrique d'environ 2 000 volts entre ce dernier et l'écran de TÉA. Ce gradient de voltage agirait aussi sur le mouvement des molécules d'air ionisées. Il existe une littérature controversée au sujet des effets bénéfices des ions chargés négativement dans l'air sur la chiminie du corps et les états d'âmes (revu dans *Soyka et Edmonds, 1977*). Le potentiel négatif d'un opérateur aurait tendance à repousser les ions négatifs de l'air, et pourrait causer des malaises comme migraines, irritabilité et dépression. L'effet des champs électriques existant aux postes de travail avec TÉA demande une recherche plus poussée.

6. CONCLUSIONS

La plupart de la recherche pour coter les réponses subjectives aux questions concernant les TÉA procède d'une méthodologie imparfaite. Certaines imperfections proviennent d'une mauvaise conception, alors que d'autres sont indépendantes du chercheur. Guion (1981) mentionne cinq exigences qui sont souvent violées lors d'enquêtes: (a) échantillonnage approprié, (b) analyse

appropriée de la profession, (c) mesures appropriées des variables d'intérêt, tout en s'assurant de leur fiabilité et de leur validité, (d) groupe témoin approprié (échantillonnage ou statistique), et (e) analyse appropriée des données.

Malgré les difficultés que rencontrent les chercheurs, la littérature laisse manifestement entendre que les lieux de travail et les emplois ne sont pas toujours conçus avec toute la considération nécessaire pour le bien-être du travailleur. Les exigences ergonomiques ne sont pas toujours remplies, provoquant des tensions oculaires et des malaises corporels chez les travailleurs. L'environnement psychologique peut être négatif à cause de conflits entre travailleurs et direction, d'incertitudes dans la carrière, et d'insensibilité de la direction. Les travailleurs très motivés tolèrent souvent les carences ergonomiques comme telles. Cependant, ces mêmes travailleurs commencent à se plaindre lorsque leur motivation et leur propre estime diminuent à cause d'une mauvaise conception de l'emploi. Un bon milieu de travail semble être celui où la direction s'occupe sérieusement des besoins physiques et psychologiques de ses employés.

Le présent rapport examine aussi la question de la sécurité du préposé en ce qui concerne les émissions de rayonnement électromagnétique des téléviseurs. À quelque fréquence que ce soit, les téléviseurs modernes n'émettent pas de niveaux détectables de rayonnement. Par conséquent, il n'y a aucun danger d'émissions électromagnétiques.

7. RÉFÉRENCES

Anderson, G.E., Tell, R.A. et Youmans, H.D. *Spectral Transmission and Attenuation of X-Radiation by Glasses and Resins used in Color Television Picture Tubes*. IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, **Vol. BTR-16 (2)**: 82-88, 1970.

Bauer, D. et Cavonius, C.R. *Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Bedwell, C.H. *Assessment of Eye Strain and Difficulty in Viewing Visual Display Units*. Proc. of the Ergonomics Society Conference on Eyestrain and VDUs, Loughborough Univ. of Technology, décembre 1978.

Bertinuson, J. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Braestrup, C.B. et Mooney, R.T. *X-Ray Emission from Television Sets*. Science, 130: 1071-1074, 1959.

Buckler, G. *VDT Radiation Levels not Harmful, Tests Show*. Computing Canada, p. 4, 25 novembre, 1980.

Cakir, A.E. *Human Factors of VDU Design.* Dans P.A. Kolers, M.E. Wrolstad et H. Bouma (Eds.), Processing of Visible Language 2, New York: Plenum Press, 1980.

Cakir, A., Hart, D.J., et Stewart, T.F.M. *Visual Display Terminals*, Toronto: John Wiley & Sons, 1980.

Charlton, M.H. et Hoefer, P.F.A. *Television and Epilepsy*. Archives of Neurology, 1964, 11: 239-247.

Corlett, E.N. et Manenica, I. *The Effects of Measurement of Working Postures.* Applied Ergonomics, 1980, 11: 7-16.

Eleccion, M. *X-Radiation from Colour Television Receivers.* IEEE Spectrum, pp. 95-104, juillet 1968.

Elias, R., Cail, F., Tisserand, M., et Christmann, H. *Investigations in Operators Working with CRT Display Terminals: Relationships between Task Content and Psychophysiological Alterations* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Gregory, J. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Guion, R. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Haider, M., Kundi, M., et Weibenbock, M. *Worker Strain Related to VDUs with Differently Coloured Characters* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Hartridge, H. *Physiological Eye-Strain,* Proc. of the Physiological Society, mai 1919.

Harvey, T.S. *Experiments with White Rats, Bush Beans, and Tradescantia Plants in the Vicinity of Television Receivers.* IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers, **Vol. BTR-13**: 51-63, juillet 1967.

Santé et Bien-être social du Canada. *Les téléviseurs et les rayons X.* N° 31 (Revisé), Services éducatifs, Direction générale de la protection de la santé, été 1978.

Hopkinson, R.G. *Glare Discomfort and Pupil Diameter.* J. Opt. Soc. Am., 1956, 46: 649-656.

Hunting, W., Laubli, T. et Grandjean, E. *Constrained Postures of VDU Operators* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Hunting, W., Grandjean, E., et Maeda, K. *Constrained Postures in Accounting Machine Operators.* Applied Ergonomics, 1980, 11: 145-149.

Kelly, R.B. *The Effect of Direction of Contrast on TV Legibility under Varying Ambient Illumination.* Revu dans Legibility of Alphanumeric Characters and Other Symbols, D.Y. Cornog et F.C. Rose, National Bureau of Standards Misc. 262-2, 1967.

Laubli, T., Hunting W., et Grandjean, E. *Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Létourneau, E.G. *Are Video Display Terminals Safe?* Journal de l'Association médicale canadienne, 1981, 125: 534.

Mahto, R.S. *Eye Strain from Convergence Insufficiency.* British Medical Journal, 1972, 2: 564-565.

Marshall, E. *FDA Sees no Radiation Risk in VDT Screens.* Science, 212: 1120-1121.

Moss, C.E., Murray, W.E., Parr, W.H., Messite, J., et Karches, G.J. *A Report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals.* National Institute for Occupational Safety and Health, rapport n° NIOSH 78-129, décembre 1977.

Murray, W.E., Moss, C.E., Parr, W.H., et Cox, C. *A Radiation and Industrial Hygiene Survey of Video Display Terminal Operations.* Human Factors, 1981, 23: 413-420.

Nelson, T.M. et Ladan, C.J. *Patterns and Correlates of Fatigue among Office Workers.* J. Occup. Psychol., 1976, 49: 65-74.

NYCOSH, *New Technology: Danger and Opportunity for Workers.* New York Committee for Occupational Safety and Health, 1980.

Ostberg, O. *CRTs Pose Health Problems for Operators.* Int. J. Occup. Health and Safety, 44(6): 24-26, 1975.

Ostberg, O. *Accommodation and Visual Fatigue in Display Work* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Ostberg, O. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Radl, G.W. *Experimental Investigation for Optimal Presentation Mode and Colours of Symbols on the CRT-Screen* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Sauter, S. Expert participants au Symposium on Video Display Terminals et Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Smith, M.J., Stammerjohn, L.W., Cohen, B.G.F., et Lalich, N.R. *Job Stress in Video Display Operations* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.) Londres: Taylor et Francis, 1980.

Smith, W.J. *A Review of Literature Relating to Visual Fatigue.* Proc. of the Human Factors Society, 23e réunion annuelle, Boston, Mass., pp. 362-366.

Soyka, F. et Edmonds, A. *The Ion Effect.* Toronto: Lester et Orpen, 1977.

Sperling, G. *Flicker in Computer-Generated Visual Displays: Selecting a CRO Phosphor and other Problems.* Behav. Res. Meth. & Instrum., 1971, 3: 151-153.

Stewart, T.F.M. *Eyestrain and Visual Display Units: A Review.* Displays, 1: 25-32, avril 1979.

Taylor, H. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Young, F. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Wang, Y-S. *Measurement of Ionizing Radiation from Color Television Receivers by Thermoluminescent Dosimeters.* Health Physics, 28(1): 78-80, 1975.

APPENDICE A

Bibliographie annotée

Le présent appendice contient une bibliographie annotée de la littérature relative à la question de la santé et de la sécurité des terminaux d'affichage visuel. On a inclus les articles qu'on jugeait capables d'apporter une contribution significative à la connaissance. Les études originales et les revues détaillées satisfaisaient à ce critère. On n'a pas considéré comme utiles les courtes revues parues dans les journaux, spécialisés ou non.

A1. EFFETS SUR LA VISION

Bauer, D. et Cavonius, C.R. *Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Cette recherche étudiait l'influence du sens du contraste sur les mesures de la performance et la préférence. Normalement, sur un écran de TÉA, les lettres apparaissent en clair sur fond sombre. L'inversion du sens du contraste a plusieurs avantages. La luminance accrue de l'écran augmente la sensibilité de l'oeil au contraste. De plus, l'amélioration du niveau d'adaptation aide à une accommodation plus rapide, et la diminution du diamètre de la pupille augmente la profondeur de champ et réduit les distorsions optiques. L'augmentation de la profondeur de champ est particulièrement importante pour les personnes plus âgées ayant perdu beaucoup de leurs facultés d'accommodation.

Le désavantage de l'inversion du contraste est l'augmentation de la perception du clignotement à cause de la plus forte luminance de l'écran. On a permis à huit observateurs d'augmenter la fréquence de regénération de leur TÉA dont l'écran, un P4 (blanc) fonctionnait au phosphore avec une luminance de 200 cd/m^2, sans affichage, jusqu'à ce que le clignotement disparaisse. Pour la vision périphérique, cela se produisait lorsque la fréquence atteignait 90 Hz. Pour obtenir une absence complète de clignotement, une fréquence de 100 Hz a été utilisée pendant les expériences suivantes. On a fixé la luminance de l'écran à 80 cd/m^2 pour qu'elle soit la même que celle de documents typiques posés sur un bureau dans une salle illuminée avec 550 lux.

La première expérience consistait à reconnaître un mot de quatre lettres sans signification affiché sur le TÉA. On a défini le contraste positif comme résultant de l'usage des lettres conventionnelles en clair balayées à 50 Hz sur fond sombre, 4 cd/m^2, et le contraste négatif, de lettres foncées sur un fond de 80 cd/m^2 balayé à 100 Hz. Dans le cas du contraste négatif, on a obtenu 26 % d'erreurs en moins que dans le cas du contraste positif conventionnel.

Dans une deuxième expérience, on détectait la différence entre l'épellation de mots sans signification apparaissant sur un écran de TÉA en comparaison de l'épellation de mots semblables dactylographiés sur papier. Encore là, on obtenait 23 % moins d'erreurs dans le cas du contraste négatif que dans le cas du contraste positif. De plus, la performance dans le cas du contraste négatif était plus rapide d'environ 8 %.

Des 13 hommes et 10 femmes qui ont participé à l'une ou l'autre des expériences, tous sauf un(e) ont préféré l'écran à contraste négatif. D'après les commentaires, la lecture sur ce dernier était plus facile et son usage, plus confortable. On a dit du contraste positif qu'il demandait plus d'efforts et qu'il causait plus de fatigue.

Bedwell, C.H. *Assessment of Eye Strain and Difficulty in Viewing Visual Display Units.* Proc. of the Ergonomics Society Conference on Eyestrain and VDUs, Loughborough Univ. of Technology, décembre 1978.

Cette revue considère les divers facteurs que l'on croit contribuer à la tension oculaire due à l'observation de TÉA. Les symptômes de l'observation prolongée peuvent consister en maux de tête ou d'yeux, ainsi qu'en sensation de tiraillements au front ou autour des yeux, en stress des muscles faciaux ou oculaires, en fatigue des yeux, en clignement ou contraction des paupières, en difficulté de garder les yeux ouverts, en une sensation d'étourdissement, en larmoiement ou rougissement des yeux. L'observation dans des conditions stressantes peut s'accompagner de tension due à la posture et de malaises derrière la tête et dans le bas du cou ainsi que dans le dos, de même que de nausées si la convergence des yeux est maintenue avec difficulté. Il peut y avoir aussi augmentation de la sensibilité à la lumière. Des aspects secondaires du milie, comme pression trop grande de l'emploi, fort bruit de fond, chaleur excessive, absence de changement de la tâche visuelle ou de repos, peuvent augmenter le malaise. Même si les conditions optiques sont adéquates, il peut se produire encore une lecture erronée d'une ligne ou d'une colonne de caractères à cause d'affections visuelles comme confusion, brouillement ou dédoublement des caractères. Il est plus probable que ces anomalies se produiront lors d'un transfert rapide du regard, surtout si la coordination binoculaire est moins utilisée ou stable.

La distance d'observation devrait se situer entre les limites normales pour la lecture ordinaire (40 à 50 cm). Cela éviterait des pressions trop fortes sur la convergence, et serait dans la plage de recoupement binoculaire stable. Si le travail visuel s'effectue dans des zones inhabituelles, il peut être difficile de parvenir à une superposition binoculaire dynamique stable et il peut en résulter une confusion de l'image binoculaire et des troubles comme le dédoublement de la vision. En général, la difficulté de convergence est plus grande à (ou au-dessus de) l'horizontale plutôt qu'en dessous puisque habituellement nous lisons en regardant vers le bas. Les zones de travail visuel comprennent le clavier du TÉA, les documents sur papier contenant les données à traiter, ainsi que l'écran du TÉA. La grandeur de chacun des foyers des verres que portent les opérateurs doit être suffisante pour permettre de voir toutes les zones à observer sans mouvements excessifs de la tête.

Cakir, A.E. *Human Factors of VDU Design.* Dans P.A. Kolers, M.E. Wrolstad et H. Bouma (Eds.), Processing of Visible Language 2, New York: Plenum Press, 1980.

Cet article rapporte une étude dans le milieu incluant plus de 1 000 sujets et 30 endroits. En général, l'auteur a trouvé que la tension oculaire est l'un des problèmes les plus significatifs du travail avec TÉA. Cependant, on ne peut la mesurer de façon objective. Il y a une forte corrélation entre la tension oculaire et les propriétés optiques des tubes à rayon cathodique (TRC) ainsi que des documents sur papier et des claviers. En particulier, il y a augmentation des maux de dos, de cou et de tête lorsqu'augmente la durée du travail avec des TÉA ($\underline{r} = 0,59$), les documents sur papier sont plus difficiles à lire que sur TÉA; par rapport au clavier gris, on relie le clavier noir à une plus grande incidence de l'irritation de l'oeil et de la fatigue en général.

Recommandations pour un bon environnement:

- le fond de l'affichage devrait avoir au moins une luminance de 10 cd/m^2.

- le contraste optimum entre l'affichage et le fond se situe entre 8/1 et 10/1. Par conséquent, la luminance des caractères devrait être environ de 80 à 100 cd/m^2.

- les caractères devraient sous-tendre au moins 18 minutes d'arc à 50 cm. Leur taille devrait être d'au moins 3 mm.

- on devrait minimiser les reflets sans rendre les caractères diffus (comme certains filtres le font).

- on devrait éviter clignotements et sautillements.

- la partie supérieure des touches du clavier devrait être de couleur claire et de fini mat (environ 40 à 60 % de réflexion).

- il devrait y avoir un code de couleur pour les touches fonctionnelles afin de réduire le temps de recherche.

- pour un éclairage façon jour, une salle éclairée à la lumière artificielle devrait l'être par au moins 300 lux.

On a trouvé que les reflets constituaient une source importante de distractions et de malaises. Ils réduisent le contraste de la luminance d'un écran. Il est possible de réduire la diminution de contraste en déplaçant l'écran, ou en utilisant un certain genre de filtre pour écran. Parmi les filtres disponibles, ceux qui sont préférés sont: recouvrement antireflet à grain fin ou gravure de bonne qualité sur la surface d'un écran. En fait, les filtres à mailles microscopiques diminuent les reflets, mais ils réduisent aussi la luminance de l'écran.

La réflexion d'images masque l'affichage d'au moins deux façons: premièrement, les images réfléchies se mêlent à celles projetées par l'écran; deuxièmement, les reflets étant situés dans un plan focal différent de celui de l'affichage, ils provoquent des difficultés d'accommodation qui se fait tantôt sur l'affichage et tantôt sur l'image réfléchie. En général, on peut minimiser ce genre d'inconvénient en s'assurant que les sources de lumière

sont diffuses et qu'elles ne sont pas plus brillantes qu'il ne le faut pour lire les documents sur papier. Les reflets peuvent être une source d'éblouissement ce qui serait en soi irritant.

Cakir, A., Hart, D.J., et Stewart, T.F.M. *Visual Disp'ay Terminals*, Toronto: John Wiley & Sons, 1980.

Le sous-titre de ce livre indique qu'il s'agit d'un manuel traitant d'ergonomique, de conception du lieu de travail, de santé et de sécurité, d'organisation de tâches. Les auteurs discutent de ces sujets de façon complète en fonction des connaissances actuelles concernant l'utilisation appropriée des TÉA.

Le chapitre 1 décrit l'opération d'un TÉA, y compris le TRC, le clavier, les émissions de rayonnement, et l'intégration d'un TÉA dans un système plus complexe. Le chapitre 2 parle de la lumière, de la vision et des caractéristiques optiques des écrans d'affichage. Le chapitre 3 traite des exigences ergonomiques des TÉA y compris les exigences de lisibilité, la stabilité de l'image, la conception du clavier. Le chapitre 4 traite des exigences ergonomiques des lieux de travail avec TÉA y compris les aspects anthropomorphiques, et l'optimalisation du milie de travail. Le chapitre 5 s'intéresse à la santé, à la sécurité et à l'aspect organisation du travail avec TÉA. On discute des facteurs contribuant aux malaises posturaux et visuels, de même que les aspects psychologiques du travail. Cette dernière division inclut l'étude de la charge mentale de travail, l'aliénation, la fatigue et la monotonie, la satisfaction de l'emploi, la charge de travail et les contraintes de temps ainsi que le besoin de pauses. Les appendices comprennent une liste de contrôle ergonomique des TÉA et des postes de travail avec TÉA, ainsi qu'une discussion sur des tests oculaires pour opérateurs de TÉA.

Ce livre semble inestimable pour toute personne sérieusement intéressée à optimaliser le milieu de travail des utilisateurs de TÉA. Une bibliographie complète permet à ceux qui le veulent de consulter les sources originales des renseignements donnés.

Charlton, M.H. et Hoefer, P.F.A. *Television and Epilepsy*. Archives of Neurology, 1964, 11: 239-247.

Cet article décrit l'étude de neuf cas de crises d'épilepsie survenues aux États-Unis et apparemment dues au fait de regarder la télévision. Ces cas s'ajoutent à trois déjà rapportés aux États-Unis et à au moins 55 en Europe.

1. Pendant qu'il regardait la télévision un garçon de 14 ans s'est plaint de maux de tête et d'étourdissement, et il a ensuite perdu connaissance. Quelques semaines plus tard le même fait s'est produit pendant qu'il changeait les canaux du téléviseur. Pendant un examen médical la stimulation lumineuse intermittente (entre 7 et 50 éclairs par seconde) a induit des convulsions. On a aussi obtenu une réponse avec une lumière brillante à des vitesses supérieures à la fréquence de fusion.

2. Un garçon de 10 ans a souffert d'une période de 30 minutes de convulsions pendant qu'il regardait la télévision avant le petit déjeuner. Dans les mêmes circonstances quelques semaines plus tard, il a subi une crise.

La stimulation lumineuse intermittente (entre 10 et 18 éclairs par seconde) pendant un examen médical a provoqué des convulsions. Par la suite, le patient a souffert de convulsions deux autres fois alors qu'il regardait la télévision avant le petit déjeuner.

3. Une patiente a souffert de deux attaques de grand mal alors qu'elle regardait la télévision à des âges de 13 et 14 ans. On a noté des convulsions en réponse à une stimulation lumineuse intermittente (de 12 à 20 éclairs par seconde).

4. Un garçon de 6 ans s'est comporté comme s'il subissait une crise alors qu'il regardait la télévision. Deux ans plus tard, il a subi une deuxième attaque alors qu'il regardait la télévision avant le déjeuner. L'ÉEG au repos montrait des paroxysmes épileptiques, et la stimulation lumineuse intermittente (au-dessus de 10 éclairs par seconde) provoquait des convulsions. À 10 éclairs par seconde, le patient perdait connaissance.

5. Entre les âges de 9 et 11 ans, une patiente souffrait de maux de tête, de nausées, et de vomissements, toujours lorsqu'elle regardait la télévision. Elle blâmait surtout un canal du téléviseur familial en distant qu'il "fonctionnait mal". L'ÉEG a montré un tracé de décharge indicatrice du petit mal provocable par stimulations lumineuses intermittentes (fréquence supérieure à 10 éclairs par seconde). Il se produisait aussi une réponse à un clignotement irrégulier à fréquence relativement élevée.

6. Un garçon de 10 ans a souffert de deux crises alors qu'il regardait la télévision. L'ÉEG montrait une activité concordant avec des troubles convulsifs. Cependant, la stimulation lumineuse intermittente ne produisait aucun changement dans l'activité de fond de l'ÉEG.

7. Un garçon de 10 ans a souffert de deux crises d'épilepsie, les deux alors qu'il regardait la télévision. À l'âge de 11 ans, il subit trois autres crises qu'on ne pouvait relier au fait de regarder la télévision. À l'âge de 13 ans, un examen neurologique montra que la stimulation lumineuse intermittente produisait une réponse photoconvulsive dans la plage de 10 à 20 éclairs par seconde.

8. En Angleterre, une filette de 9 ans a souffert de convulsion alors qu'elle réglait un téléviseur. Cinq jours plus tard, elle subissait une autre crise alors qu'elle ouvrait le téléviseur, et un après, ainsi que deux fois à 12 ans, d'autres attaques survenaient alors qu'elle regardait la télévision. Lorsqu'elle eût 14 ans, on fit son examen neurologique: l'ÉEG au repos montrait des traces de crise spontanée, et des convulsions en réponse à une stimulation de fréquence supérieure à 10 éclairs par seconde.

9. En moins d'un mois, une fillette de 8 ans eut deux crises, toutes deux alors qu'elle regardait la télévision. Une enquête n'a pas démontré que le téléviseur avait fonctionné anormalement. L'anormalité de l'ÉEG au repos était remarquable, mais une stimulation lumineuse intermittente ne produisait aucune réponse.

L'auteur note que la majorité des cas relatés d'épilepsie associés à l'observation de la télévision sont des enfants (c'est-à-dire qu'ils ont de 6 à 14 ans). Ce fait signifie que cet âge peut être particulièrement sensible

à la stimulation lumineuse intermittente. Dans deux cas, la crise s'est produite avant le petit déjeuner, suggérant que l'hypoglycémie peut être un facteur aggravant.

Occasionnellement, les crises ont été provoquées lors d'une perte de synchronisation verticale ou pendant un changement de canal. La perte de la synchronisation verticale provoque une stimulation lumineuse intermittente. Cependant, on a montré que des éclairs irréguliers ou qu'un seul éclair sont capables de provoquer une réponse convulsive. On a pensé qu'une fréquence de regénération de 25 à 30 Hz des trames vidéo entrelacées peut, dans certains cas, provoquer l'épilepsie. On a demandé aux patients de ne pas regarder un téléviseur défectueux, de rester à une bonne distance de l'écran, et de faire syntoniser les canaux par quelqu'un d'autres.

Haider, M., Kundi, M., et Weibenbock, M. *Worker Strain Related to VDUs with Differently Coloured Characters* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Cette étude examinait les effets de l'affichage en différentes couleurs sur diverses mesures obtenues de 13 opératrices de TÉA dont les âges variaient de 21 à 41 ans. Neuf travailleuses de bureau, dont les âges variaient de 23 à 45 ans, ont servi de témoins. Les couleurs mises à l'essai étaient le vert et le jaune. Bien que ce ne soit pas énoncé de façon spécifique, on assume que ces couleurs étaient celles d'un texte affiché sur fond sombre. Les variables dépendantes mesurées étaient: "état subjectif", accuité visuelle, effets secondaires dépendant de la couleur, organisation de la perception, et activation montrée par le rythme cardiaque. On mesurait aussi la performance lors de plusieurs tâches effectuées pendant une période de trois heures consistant en comparaison de textes d'un écran à un autre, en copie sur écran de groupes de caractères alphabétiques à partir d'un exemplaire sur papier, en copie sur écran de groupes de caractères alphabétiques à partir d'un autre écran, en traduction de mots Swahélis d'une copie à un écran, en recherches et en calculs d'un écran à un autre, et finalement, en comparaison de textes d'une copie à un écran.

Dans les deux groupes, la performance s'améliorait au cours des trois heures. Cependant, la performance avec les caractères jaunes était moins bonne au début et meilleure à la fin que celle avec les verts. On a cru que cette interaction était due à un manque relatif d'expérience des caractères jaunes et que, une fois éliminé l'effet de nouveauté, la performance des sujets était meilleure avec ces derniers.

On a mesuré des changements d'acuité visuelle pendant un maximum de 15 minutes à la suite de la période de travail. Les caractères jaunes produisaient une réduction d'acuité plus faible que les verts. On a aussi mis en évidence le fait qu'une pause après la première heure empêche une perte additionnelle d'acuité après la deuxième heure. Cependant, une période de quatre heures incluant des pauses provoque une perte considérable d'acuité. Ces données confirment le besoin de périodes plus courtes de travail, ainsi que de pauses.

La mesure, à l'aide d'un anomaloscope, des effets secondaires dus à la couleur a montré qu'ils étaient plus faibles pour l'utilisation de caractères jaunes plutôt que verts. Après le travail, les valeurs mesurées avaient

tendance à revenir au point de départ, mais, même après 15 minutes, les capacités de départ n'étaient pas complètement récupérées.

On déduisait les effets de la couleur sur l'organisation visuelle de l'importance de l'illusion de Müller-Lyer après la période de travail. Immédiatement après la période de travail, l'illusion était plus forte pour ceux avant lu les caractères jaunes. Cependant, ils revenaient plus rapidement à la normale que ceux qui avaient lu des caractères verts. On peut aussi relier cette interaction à la différence d'expérience avec les deux couleurs.

Des cotes subjectives ont montré que les opératrices de TÉA étaient, de façon significative, plus fatiguées et plus ensommeillées que les travailleuses de bureau témoins après une période de trois heures de travail. Cependant, il n'y avait pas de différence significative causée par le travail avec affichage vert ou jaune.

Les auteurs concluent que l'utilisation de caractères jaunes sur les TÉA devrait être recommandée dans le futur. Cependant, du point de vue psychophysiologique, les deux couleurs sont satisfaisantes.

Hartridge, H. *Physiological Eye-Strain.* Proc. of the Physiological Society, mai 1919.

L'auteur note que la tension oculaire est souvent considéré comme due à une accommodation excessive dans les cas d'hypermétropie. Il est difficile d'appliquer cette explication à la tension oculaire chez les personnes myopes. La fatigue des muscles ciliaires ne peut pas expliquer les malaises ressentis. L'auteur note aussi la relation étroite qu'il y a entre l'effort de convergence et d'accommodation du système visuel. Il soumet l'hypothèse que la tension oculaire se produit lorsqu'on impose des exigences d'accommodation ou de convergence séparément, et que le système visuel est plus confortable lorsque l'accommodation et la convergence se font simultanément.

Cette hypothèse est appuyée par l'observation du fait qu'une tension oculaire se développe rapidement lorsqu'on lit avec des verres spéciaux avant une distance focale équivalente à celle du texte lu. Avec ces verres, il n'est pas besoin d'accommodation, mais il faut toujours que la convergence des yeux se produise pour éviter le dédoublement de l'image.

Hopkinson, R.G. *Glare Discomfort and Pupil Diameter.* J. Opt. Soc. Am., 1956, 46:649-656

Cette étude examine la relation entre le diamètre de la pupille et la sensation de malaise résultant de l'apparition d'une source de lumière brillante dans le champ de vision. Même si la lumière incidente influence le diamètre de la pupille, on n'a pas observé de relation évidente entre celui-ci et l'importance de la sensation d'éblouissement. On a observé qu'une source très brillante cause une variation cyclique irrégulière du diamètre de la pupille dont la période est de quelques secondes. En soi, cette variation n'est pas inhabituelle, car elle se produit lorsqu'un observateur fixe normalement quelque chose sans éblouissement. L'auteur suppose que le malaise se produit lorsque des signaux contradictoires tentent d'adapter la tille de la pupille d'abord à l'éclat, ensuite au fond. L'auteur cite aussi une communication avec H.C. Weston qui suggère que la variation de diamètre de la pupille peut être une réaction émotionnelle à la douleur: celle-ci provoque la dilation de la pupille, augmentant l'admission de la lumière venant de la

source éblouissante; cette augmentation de la lumière signale à la pupille de se contracter. Il pourrait en résulter une oscillation du diamètre de la pupille, puisque les effets de la douleur et du message sensoriel continuent à produire des actions opposées.

Kelly, R.B. *The Effect of Direction of Contrast on TV Legibility under Varying Ambient Illumination.* Revu dans Legibility of Alphanumeric Characters and Other Symbols, D.Y. Cornog et F.C. Rose, National Bureau of Standards Misc. 262-2, 1967.

On a étudié l'effet de l'éclairage ambiant sur la lisibilité à la télévision. Douze sujets regardaient pendant 15 secondes 20 caractères en blanc sur noir ou en noir sur blanc en circuit fermé sur un téléviseur à 675 lignes. Ces caractères avaient 1/8 de pouce de haut et s'étendaient sur cinq lignes de balayage. La performance diminuait à mesure que l'éclairage ambiant augmentait. On a conclu que les caractères blanc sont appropriés à un éclairage ambiant faible (0,28 lux), alors que les caractères noirs correspondent davantage à un éclairage ambiant fort (plus de 2 000 lux).

Laubli, T., Hunting W., et Grandjean, E. *Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

On a étudié les causes de la détérioration visuelle chez quatre groupes d'employés de bureau. Les groupes étaient constituées d'utilisateurs de terminaux d'introduction des données, de terminaux conversationnels, de machines à écrire de bureau, ainsi que de personnes effectuant un travail de bureau classique. Ces derniers effectuaient la même tâche que les utilisateurs de terminaux conversationnels, mais à la phase précédant l'introduction des TÉA.

Les données étaient collectées à l'aide d'enquête sur les troubles physiques de diverses parties du corps, sur la consommation de médicaments, et sur les conditions de travail. On effectuait aussi un examen médical des extrémités supérieures et des yeux.

On a défini une variable appelée "Uniformity Figure" (UF) pour décrire un aspect des trames d'affichage. La regénération périodique provoque des variations à peu près sinusoïdales de l'intensité d'un élément d'image (pixel). De plus, il existe une intensité de base fonction de la luminance de fond sous laquelle la sinusoïde ne peut descendre. Soit "a" la hauteur de base et "b" l'amplitude de la sinusoïde, UF = a/b. La UF est par conséquent une mesure de l'oscillation de la luminance. On a mesuré la UF de caractères en mettant le système optique d'un photomètre au point sur un champ d'environ 1 mm^2 complètement illuminé, celle de l'écran, en mettant au point sur ce dernier en entier. La fréquence de regénération était de 50 Hz, et l'on utilisait des substances phosphorescentes (luminophores) blanches et vertes.

On mesurait la UF dans des conditions d'éclairage choisies par l'opérateur. La UF d'un caractère était plus élevée d'une façon significative dans le cas des terminaux d'introduction de données que dans celui des terminaux conversationnels. On peut relier cette observation au fait que les opérateurs de ces derniers terminaux augmentaient le contraste de l'affichage afin d'améliorer les conditions de lecture. Les préposés à l'introduction des données regardaient surtout le document source plutôt que l'écran du TÉA.

L'analyse des données de l'enquête montrait que l'incidence des détériorations visuelles était élevée chez les deux groupes d'opérateurs de TÉA et chez les dactylos, mais modérée chez les travailleurs de bureau classiques. Les détériorations semblaient reliées à la fatigue oculaire ou à l'irritation et à une diminution de la capacité d'accommodation. Souvent, elles persistaient après les heures de travail et nuisaient à l'observation de la télévision et à la lecture durant les heures de loisirs. La fréquence des cas de détérioration visuelle était reliée directement à la mesure du contraste de l'affichage et à une oscillation prononcée de la luminance (c'est-à-dire fiable UF). En général, le contraste dépassait le niveau recommandé. La mesure de l'intensité des reflets était reliée directement à la quantité de plaintes d'agacement, mais ne montrait aucune relation avec les cas de détérioration visuelle.

Une forte oscillation de la luminance (c'est-à-dire faible UF) était reliée aux plaintes d'irritation oculaire, mais semblait indépendante des griefs de diminution de la capacité d'accommodation. Une faible UF était aussi fortement reliée à une diminution de l'acuité visuelle mesurée. Les variations du contraste ne montraient aucun effet sur l'acuité visuelle. En fait, les auteurs notent que la perceptibilité du clignotement des caractères ne dépend pas de façon significative du niveau d'oscillation défini par la UF. Ils concluent que le degré de clignotement ainsi que d'oscillation de la luminance sont tous les deux des critères importants pour évaluer les terminaux d'affichage.

Mahto, R.S. *Eye Strain from Convergence Insufficiency*. British Medical Journal, 1972, 2:564-565.

Cet article affirm qu'une des causes communes de la tension oculaire et des maux de tête est le défaut de convergence. Sur une population de 310 patients, 34 souffraient de ce problème à divers degrés. Parmi ces 34 personnes, 70,5 pour cent était des femmes et 29,4 pour cent des hommes. On confond souvent défaut de convergence et troubles de réfraction, et des verres correcteurs sont d'habitude prescrits plutôt que des exercises orthoptiques. On devrait conseiller aux patients de chercher à obtenir des traitements opthalmologiques si les symptômes persistaient après traitement pour troubles de réfraction.

New Technology: Danger and Opportunity for Workers. New York Committee for Occupational Safety and Health, 1980.

Cet article fait la revue des problèmes reliés à l'utilisation de TÉA dans l'environnement de bureau, et discute des mesures que l'on peut prendre pour en réduire les effets négatifs. Les plaintes fréquentes exprimées par les opérateurs de TÉA sont: (a) irritation, (b) douleurs dans le cou et dans le dos, (c) maux de tête diffus, (d) perte d'accuité visuelle (vision d'images floues ou dédoublées et de franges floues et colorées), (e) étourdissement et nausées, (f) difficultés avec les lunettes et lentilles cornéennes. Les problèmes de santé énoncés sont souvent causés par la combinaison d'une mauvaise conception et d'un entretien inadéquat de l'appareil, d'aménagements et d'éclairages incorrects du bureau, et de manque de pauses.

Une cause de la tension oculaire peut être la fatigue des mucles oculomoteurs, des muscles de la pupille et des muscles ciliaires. La fonction

des muscles ciliaires est de compresser le cristallin pour focaliser de près. On pense que le fait de regarder de façon prolongée à courte distance est très fatigant pour ces muscles. On recommande des périodes de repos pendant lesquelles le préposé devrait regarder plus loin. On estime que la durée maxima que l'on devrait passer à travailler en continu sur écran devrait être de deux heures. Cette façon administrative de limiter un danger pour la santé pourrait demander une pause de quinze minutes chaque heure ou une d'une demi-heure chaque deux heures, ou les travailleurs pourraient alterner de sorte qu'ils passent une heure à travailler avec un TÉA et l'heure suivante à faire une autre sorte de travail où il faut regarder à des distances plus grandes.

Le reflet d'une fenêtre sur l'écran du TÉA, les surfaces de travail luisantes, les claviers, et l'éclairage artificiel trop fort peuvent causer une tension oculaire. L'éblouissement peut aussi provoquer des douleurs dans le cou et le dos lorsque les préposés se contorsionnent pour en minimiser l'interférence. On peut le réduire en munissant les TÉA d'écrans anti-réflets. On peut prendre d'autres mesures pour prévenir l'éblouissement: (a) installation de stores ou d'auvents aux fenêtres voisines, (b) déplacements des appareils ou de l'éclairage, (c) installation d'un éclairage indirect conçu de façon appropriée, (d) diminution de l'éclairage général sans nuire à la lecture des documents sur papier, et (e) installation de rhéostats afin que les préposés puissent régler le niveau d'éclairage vertical.

L'éblouissement par contraste causé par un fond beaucoup plus brillant que l'écran de TÉA est une autre cause de tension oculaire. Lorsque la pupille s'adapte à la lumière totale pénétrant dans l'oeil, les images sur l'écran deviennent difficiles à voir. Là aussi, il peut en résulter des douleurs dans le dos et le cou à cause de la prise de posture inconfortable pour cacher la source de lumière plus brillante. On peut minimiser ce problème en réduisant la brillance de l'arrière plan, en voilant les fenêtres ou en changeant la couleur des murs. Les réglages de la luminance du TÉA devraient toujours être accessibles afin que l'opérateur maîtrise toujours l'éblouissement par contraste.

Le phénomène de clignotement provoqué par la fréquence de regénération peut être irritant lui aussi. La diminution de la luminance de l'affichage réduit la possibilité de clignotement. Ici aussi, le besoin de réglage de la luminance est évident.

Une mauvaise conception de la taille de l'écran et de sa couleur peuvent empêcher d'obtenir une lisibilité optimale. Il est préférable d'utiliser un écran relativement grand et des caractères dont la hauteur est au moins de 3/16 de pouce, et de regarder d'une distance dépassant deux pieds. Un clavier amovible permet à l'opérateur de régler la distance d'observation. On recommande que la couleur de l'écran soit vert foncé et que les caractères soient verts pâles ou jaunes. Cependant, la question de la combinaison optimal de coulers est encore un sujet de recherches.

Les imperfections de la qualité d'affichage qui apparaissent au cours de l'utilisation de l'appareil (p. ex. flous) doivent être corrigées par un entretien adéquat.

Les concepteurs de verres correcteurs doivent tenir compte du fait que les utilisateurs travaillent avec des TÉA, puisqu'il est possible que des

verres spéciaux soient nécessaires. Ceux qui portent des doubles foyers doivent être spécialement prudents pour que l'observation ne cause pas de problèmes de posture.

La fatigue musculaire est provoquée par le maintien d'une même posture pendant une longue période. Cependant, certaines positions sont moins fatigantes que d'autres: on est plus confortable lorsqu'on regarde légèrement vers le bas. Comme la taille des personnes varie, le préposé devrait pouvoir régler la hauteur de l'écran et son angle. On recommande aussi un clavier amovible pour permettre d'ajuster indépendamment clavier et affichage.

Le fait de rester assis pendant de longues périodes dans de mauvaises conditions peut causer d'autres problèmes de santé comme des douleurs dans le dos, des varices et des hémorroïdes. Cette dernière affection est plus probable lorsqu'on s'assied à un endroit exposé à la chaleur des appareils voisins. Toute condition d'emploi qui augmente le stress, comme la sensation d'un manque du maîtrise, peut aggraver les effets stressants de la mauvaise conception du poste de travail.

On conseille aux employés de suggérer aux employeurs de répondre aux exigences de sécurité et de santé au travail et pour ce ce faire:

1. Se servir de pressions syndicales pour obtenir des pauses appropriées, des examens des yeux aux frais de l'employeur, des améliorations spécifiques du milieu de travail, et la participation du syndicat aux décisions concernant l'achat du matériel.

2. Fournir des sessions de formation à tous les employés ainsi que des documents éducatifs sur la sécurité et la santé professionnelles.

3. Garder des dossiers des problèmes de chaque appareil et des plaintes des opérateurs.

Cet article se termine en envisageant la possibilité de dangers d'émission de rayonnement par les TÉA. Bien que le gouvernement et l'industrie aient effectué des essais limités, leurs résultats sont mis en doute, car certaines fréquences n'ont pas été testées; par ailleurs, la plupart des appareils n'ont pas été testés du tout. On soutient que des défauts de fabrication ou un mauvais entretien pourraient causer l'émission de forts niveaux de rayonnement et qu'il n'existe pas de niveau connu d'exposition sûre.

Ostberg, O. *CRTs Pose Health Problems for Operators*, Int. J. Occup. Health and Safety 44(6):24-26, 1975.

La littérature touchant l'ergonomie de l'environnement de bureau est revue. Les problèmes dus à la conception du lieu de travail peuvent provoquer de la fatigue, qui peut s'exprimer par des symptômes spécifiques ou avoir un effet plus général sur tout l'organisme et l'esprit. Il y a de grandes différences entre les conditions pouvant provoquer de la fatigue chez les individus.

La probabilité de fatigue est augmentée par l'adoption de mauvaises postures causées aussi bien par une mauvaise conception de l'équipement de bureau que par les exigences de la tâche. Par exemple, il arrive souvent que les tâches visuelles ne s'effectuent pas là où sont situées les surfaces de

travail des mains. De mauvaises postures peuvent être causées par des tâches visuelles demandant des positions non naturelles du corps.

La fatigue peut provenir du traitement en continu de l'information, même s'il n'y a pas demande d'efforts physiques. Ceci est particulièrement le cas lorsqu'il n'y a pas assez de pauses. Les opérateurs de TÉA s'arrête souvent en attendant la réponse de l'ordinateur. Cependant, comme la durée de la pause est imprévisible, elle devient en fait stressante. Même si une bonne organisation du travail et des pauses appropriées sont importantes pour réduire la fatigue, on ne fait pas de recommandations concernant le rapport optimum entre travail et périodes de repos.

Il est plus probable qu'on observe les malaises dus à la fatigue lorsque la participation au travail est diminuée. Une aliénation de ce genre se produit facilement lorsque le travail est informatisé, à cause d'efforts insuffisants pour éviter des tâches hautement spécialisées et routinières.

Les symptômes de fatigue visuelle décrits par les opérateurs de TÉA ainsi que par les autres employés, se regroupent en quatre catégories: les symptômes oculaires qui comprennent de fortes sensations de brûlures inconfortables autours des yeux; les symptômes visuels qui se présentent sous forme de troubles de la vision comme dédoublement et apparition de franges d'interférence colorés autour des objets, ainsi que difficultés à fixer les objets; les symptômes généraux, les plus fréquents, sont des douleurs dans la tête, le cou et les bras; enfin, les symptômes de comportement sont les mesures prises par les individus pour rendre leur tâche visuelle plus facile ou pour éviter des distractions comme l'éblouissement.

Les affections oculaires comme les troubles de réfraction et les cataractes nuisent à la tâche visuelle. Une amplitude d'accommodation insuffisante peut diminuer la capacité de voir des objets situés à des distances très différentes. On pense que le déséquilibre oculomoteur (phorie) est une source fréquente de fatigue.

Des conditions inappropriées d'éclairage provoquant éclats et reflets peuvent causer de la fatigue. Les spécifications des meilleurs conditions d'éclairage doivent tenir compte des tâches visuelles particulières.

Les caractéristiques de l'objet à voir peuvent causer de la fatigue. La taille de l'objet et le contraste (luminance et couleur) entre l'objet et le fond doivent satisfaire certaines exigences. La distance de vision peut jouer sur la capacité de voir des objets situés à des profondeurs différentes. Le flou des objets contribue à la fatigue oculaire tout comme le clignotement et les variations relativement lentes de la luminance moyenne qui demandent une adaptation. Le fait de regarder vers le bas à un angle de 20 degrés augmente le confort de la vision.

Puisque la fatigue générale facilite la fatigue visuelle, le genre de travail est important. La fatigue généralisée est causée par un travail monotone ainsi que par le stress causé par l'incompréhension ou le refus des particularités de l'ordinateur. Dans le cas de l'introduction des données, la fatigue peut provenir du fait que la tâche est à la fois ennuyeuse et exigente. Le dialogue personne-ordinateur peut causer de la fatigue si l'interaction frustre l'opérateur par sa logique, sa synthase, sa présentation et son temps de réponse.

L'éblouissement par contraste est une autre cause plus spécifique de la fatigue visuelle lorsque les yeux s'adaptent à une luminance de fond relativement forte et non pas à celle de l'écran. Le besoin de suffisamment de lumière pour lire les documents sur papier entre en conflit avec la nécessité d'un éclairage ambiant faible afin de lire l'affichage d'un TÉA.

Le clignotement est un autre phénomène irritant les yeux lorsqu'on regarde l'affichage d'un TÉA. On estime qu'au moins 40 pour cent des employés de bureau trouvent inconfortable un clignotement de 60 Hz. Des considérations de coûts empêchent les fabricants de faire des TÉA à fréquence de regénération plus élevée et non perceptible.

Radl, G.W. *Experimental Investigation for Optimal Presentation Mode and Colours of Symbols on the CRT-Screen* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

La première étude examinait les façons d'améliorer la lisibilité d'un écran de TÉA situé dans un mauvais environnement optique contenant des sources d'éblouissement comme fenêtres ou murs clairs. On réduisait l'éblouissement par contraste en entourant l'écran de cadres noirs de largeurs variées. On évaluait l'efficacité des cadres à la fois par une mesure de performance et par une cotation du confort visuel. La performance s'améliorait jusqu'à un certain point avec l'augmentation de la largeur du cadre, après quoi elle diminuait. On a émis l'hypothèse qu'un cadre trop large provoquait un niveau trop faible d'adaptation de l'oeil. On a trouvé une amélioration additionnelle en utilisant un cadre dont la luminance suivait un gradient allant de noir, à l'écran, jusqu'à blanc, à l'extérieur. On a recommandé l'utilisation d'un cadre dans les cas où l'on ne peut pas éviter l'éblouissement par contraste.

La deuxième étude cherchait la meilleure couleur pour afficher les symboles sur fond sombre d'un écran de TÉA. Les critères étaient une mesure de la performance et des cotations de préférence. Les couleurs utilisées étaient vert, blanc, trois teintes de jaune, et deux teintes d'orange. Les résultats ont montré que les pires performances s'obtenaient avec les deux teintes d'orange, et que c'était aussi les couleurs les moins appréciées.

La troisième étude tentait d'évaluer les effets de la variation des combinaisons de couleur sur la mesure de la performance. Cependant, les résultats ne sont pas évidents, puisqu'il y a aucune indication dans le rapport que la luminance ait été réglée.

La quatrième étude évaluait les effets relatifs du contraste positif ou négatif sur la mesure de la performance et la cotation du confort visuel. Contraste positif signifie lettres claires sur fond sombre, et contraste négatif, lettres sombres sur fond clair. On diminuait le clignotement en regénérant l'affichage à une fréquence de 66 Hz. L'éclairage de la salle était de 500 lux. Avec le contraste négatif, la performance s'améliorait de façon significative, de même que le confort visuel. On recommandait aussi le contraste négatif parce qu'il exige une adaptation minima lorsque l'oeil va de l'écran au document sur papier, qu'il y a diminution de la gêne due à l'éblouissement, et que les reflets sur l'écran sont moins perceptibles.

Rohmert, W. et Lucyak, H. *Ergonomics in the Design and Evaluation of a System for Postal Video Letter Coding.* Applied Egonomics, 1978: 9:85-95.

Cette étude examinait les différentes options pour améliorer la conception du poste de travail prévu pour un nouveau système de "codage de lettres par vidéo" que le bureau de poste central allemand devait adopter. L'intérêt de l'expérience en question vient du fait qu'elle étudie l'effet de cinq variables de conception de l'appareil, soit: tube à rayons cathodiques (TRC) gros ou petits, contraste positif ou négatif, un ou deux écrans, disposition horizontale ou verticale de deux écrans, et luminance de la pièce. La taille des écrans, leur disposition et le sens du contraste n'avaient aucun effet sur la performance. Cependant, les petits écrans semblaient clignoter moins que les grands. Deux écrans produisaient une augmentation significative de la performance par rapport à un seul, étant donné que l'adresse postale suivante affichée sur le second TRC pouvait être regardée pendant la perforation du code correspondant à la première adresse. Un éclairage ambiant dépassant 500 lux semblait diminuer la performance et produire de l'irritation oculaire. Comme compromis, on a proposé un niveau de 100 lux.

Smith, W.J. *A Review of Literature Relating to Visual Fatigue.* Proc. of the Human Factors Society, 23e réunion annuelle, Boston, Mass., pp. 362-366.

Cette revue a été provoquée par l'inquiétude au sujet de la possibilité que l'observation à courte distance et à long terme d'affichages vidéo contribue à la fatigue visuelle. La discussion se limite aux aspects pertinents des systèmes accommodatifs et pupillaires.

En général, la fatigue se définit comme suit: "épuisement à la suite d'un effort ou perte temporaire du pouvoir fonctionnel provoqué dans un récepteur sensoriel ou un organe moteur par une stimulation continue". On a identifié trois genres de fatigue: la fatigue aiguë, affectant surtout les muscles, causée par un travail bref mais fatigant (on s'en remet grâce au repos); la fatigue chronique faisant intervenir des effets physiologiques cumulatifs (on ne s'en remet pas toujours grâce au repos); la fatigue due à la tâche, causée par l'accomplissement d'une certaine tâche pendant longtemps (on s'en remet rapidement en changeant de tâche).

On a mis au point quatre méthodes différentes pour évaluer la fatigue (1) évaluations subjectives, (2) examen de la dégradation du travail fourni en fonction du temps, (3) mesure des corrélations neurosensorielles, et (4) mesure des corrélations physiologiques. Il semble que les deux dernières méthodes soient les plus souvent utilisées. Le temps de réaction et les erreurs de performance sont deux critères utilisés servant à évaluer la fatigue neurosensorielle. On évalue la fatigue physiologique par des variables comme rythme cardiaque, tonus musculaire, temps de réflexe pupillaire à la lumière, fusion binoculaire, et temps d'accomodation visuelle au punctum proximum et au punctum remotum.

Parmi les symptômes de fatigue visuelle citons: incapacité de garder la focalisation et de fixer, vision trouble ou dédoublée, yeux injectés ou brûlants, qui pleurent ou qui sont tendus ou lourds, paupières enflammées, et clignements fréquents.

La revue de la littérature a fourni un certain appui pour quelques modes de mesure de la fatigue visuelle. Les mesures de l'évolution du punctum proximum et du punctum remotum ont suggéré que le changement d'un des deux ou des deux à la fois diminuait la plage d'accommodation. On a rapporté que

l'alternance de l'accommodation de près et de loin augmentait le temps d'accommodation. On a trouvé que quatre heures de lecture diminuaient l'acuité visuelle. On a relié la fatigue à une constriction du diamètre de la pupille, croyant que son changement continu provoquait la fatigue. Parce que les gens dont l'iris était absent de façon congénitale ne ressentaient pas de photophobie, on a relié davantage le système iridomoteur aux malaises oculaires.

À la suite de sa revue, l'auteur conclut que l'acuité visuelle et des réactions physiologiques, comme la taille de la pupille et sa régularité, sont probablement en corrélation avec le stress oculaire. Cependant, ces relations doivent être confirmées par des expériences adéquatement contrôlées.

Sperling, G. *Flicker in Computer-Generated Visual Displays: Selecting a CRO Phosphor and other Problems.* Behav. Res. Meth. & Instrum., 1971, 3:151-153.

L'auteur discute des raisons provoquant l'apparition de clignotements sur les oscilloscopes cathodiques (OC). On minimise ou élimine ce désagrément soit en regénérant l'image à une fréquence suffisamment élevée, soit en choisissant un luminophore ayant une durée d'émission suffisamment longue. On propose un modèle représentant la réaction du système visuel aux clignotements comme une série d'étapes de résistances-capacitances (RC). Le luminophore de l'OC représenterait une étape supplémentaire de RC. Par conséquent, l'accroissement de la fréquence de regénération est beaucoup plus efficace pour réduire le clignotement apparent que l'augmentation de la durée d'émission du luminophore. De plus, cette dernière ne doit pas être suffisamment longue laisser des traînées sur les images en mouvement.

La fréquence critique de fusion du clignotement pour un individu donné est influencée par un certain nombre de facteurs dont la luminance, la taille et le chromatisme du champ qui clignote, ainsi que la région rétinienne stimulée. En général, la fréquence critique se trouve quelque part entre 40 et 70 Hz.

Stewart, T.F.M. *Eyestrain and Visual Display Units: A Review.* Displays, 1: 25-32, avril 1979.

Il existe bien des théories expliquant l'origine de la fatigue visuelle. La plus satisfaisante est celle qui intègre les autres théories conflictuelles et soutient que "la fatigue visuelle peut être une sensation résultant de la réponse du système à la rétroaction indiquant que l'image n'est pas claire". Si l'image se détériore, on fera des tentatives suivies pour obtenir une perception satisfaisante. L'article discute des cinq facteurs causant ou aggravant la fatigue visuelle: aspects visuels, posture, environnement général, conception du travail, et caractéristiques individuelles.

Facteurs visuels:

Une mauvaise qualité de l'image peut provoquer la fatigue visuelle. Les paramètres affectant la qualité sont entre autres: grosseur et taille des caractères, espace entre les caractères, stabilité, résolution, luminance, contraste, et chromatisme.

La hauteur optima d'un caractère sous-tend 20 minutes d'arc, sa largeur, 70-80 pour cent de cette valeur et l'espace entre deux caractères devrait avoir 20-50 pour cent de la hauteur.

On peut améliorer la forme des caractères sur un écran à affichage entrelacé en ajoutant un point à l'un des champs là où deux points, un dans chaque champ, se rencontrent de façon diagonale. Cependant, puisque chaque champ est regénéré à la moitié de la fréquence ligne, les points appartenant à un seul champ vont "sautiller" ou "miroiter". En fait, on sait qu'un clignotement de cette fréquence peut induire des crises épileptiques chez les personnes susceptibles. La perception du clignotement est affectée par diverses caractéristiques de l'affichage comme couleur, taille et luminance de l'image. De plus, l'instabilité du courant peut causer la fluctuation de toute l'image en ondes rythmiques lentes.

Comme l'oeil humain est plus sensible à partie jaune/verte du spectre, on recommande souvent l'utilisation de luminophores verts, car ils sont reposants. Cependant, ceci n'a pas d'appui empirique. Pour les affichages monochromes, le contraste de la luminance est plus important que la couleur.

Les reflets sur la surface du TÉA constituent un problème important pour l'utilisateur, car ils le distraient. Le contraste entre les caractères et le fond de l'écran est diminué, d'où diminution de la lisibilité du texte; comme l'image réfléchie se situe à une distance d'observation légèrement différente des caractères affichés, l'oeil va essayer de focaliser sur l'une ou l'autre des deux images, augmentant l'effort de mise au point. L'adoption d'un écran de protection et le déplacement approprié de l'appareil peuvent réduire l'éblouissement, et l'on peut obtenir divers genres de filtres pour diminuer les reflets.

L'éblouissement par contraste provoqué par un environnement trop clair augmente les difficultés d'observation des TÉA. Comme les préposés regardent l'écran du TÉA de façon fréquente mais brève, il s'ensuit une adaptation insuffisante et probablement une accommodation inadéquate. On peut réduire la quantité d'éblouissement par contraste en choisissant comme compromis un niveau d'éclairage de la pièce qui soit assez brillant pour lire sur le papier, mais qui ne réduise pas le contraste de l'écran de façon significative. On recommande un niveau d'éclairage entre 300 et 500 lux. Les rapports des luminances du TÉA, du bureau et de la pièce ne devraient pas dépasser 1/3/10.

La réflection de la lumière sur des claviers brillants peut aussi causer des difficultés. Ils devraient avoir une surface mate et être de couleur neutre.

Posture:

Les personnes adoptent des postures qui améliorent les choses à court terme, mais qui leur cause un accroissement de tension et de fatigue à long terme. Le fait que l'écran et le clavier soient mal disposés provoque des postures inconfortables. La hauteur optimale du clavier est celle où les avant-bras sont à peu près horizontaux. La hauteur optimale de l'écran, celle où la ligne de vision du préposé est à environ 30-40 degrés sous l'horizontal. Puisque la taille des opérateurs varie, l'équipment devrait être conçu de façon à ce que ces composantes puissent être réglés indépendamment. L'absence de surface appropriée pour placer les documents est une autre cause de problèmes. Le genre de porte-copie utilisé pour les conférences peut réduire les contorsions causées par la lecture sur un papier posé sur une surface

horizontale. Idéalement, la copie sur papier, le clavier et l'écran devraient tous être à la même distance des yeux.

Même la posture idéale est fatigante si on la maintient pendant une longue période. L'adaptabilité des composantes de l'équipement permet à l'opérateur d'effectuer de légères variations de sa posture.

Environnement général:

Il devrait y avoir possibilité d'observer des surfaces en relief pour permettre aux yeux de l'opérateur de se reposer en regardant un espace aménagé à une certaine distance, peut-être un coin clair, ou des plantes, ou une vue par la fenêtre.

Il est nécessaire d'avoir un conditionnement adéquat de l'air pour éliminer la chaleur produite par les TÉA. Le réglage de l'humidité est nécessaire pour prévenir l'asséchement des secrétions à la surface de l'oeil, ainsi que l'irritation et les sensations de démangeaison ou de fatigue.

Le bruit des imprimantes reliées à beaucoup de TÉA dépasse souvent les niveaux de 55 à 65 dB(A) recommandés pour les bureaux, et peut être très distrayant et extrêmement désagréable. Les hautes fréquences émises par le circuit à haut voltage du vidéo peuvent incommoder certaines personnes à l'oreille sensible.

Conception du travail:

Lorsque le travail d'un employé est valorisant et qu'il en a la maîtrise, de petites imperfections de la conception du lieu de travail auront probablement des conséquences minimes. Des consultations avec les usagers à propos de leur lieux de travail et de la conception de leur travail sont utiles pour améliorer les attitudes et réduire les plaintes.

On devrait planifier les pauses pour réduire la fatigue et la tension visuelle. On devrait organiser les tâches informatisées de façon à laisser à l'employé la fierté de son travail. La formation et l'aide apportées aux usagers devraient être adéquats afin d'éviter tout stress et fatigue additionnels.

Caractéristiques individuelles:

L'apparition de la tension visuelle dépend aussi de certains facteurs personnels comme santé générale, fatigue générale, habitude de fumer ou de boire. On sait aussi que la qualité de la vision se détériore avec l'âge. Cependant, il se peut que les vieux employés aient moins de difficultés à lire sur un TÉA que sur des documents sur papier, car, dans le premier cas, la distance est habituellement plus grande. Il semble que le travail avec TÉA fait prendre davantage conscience aux gens de leurs défauts de vision. Il se peut que jusqu'à 30 pour cent de la population ait des problèmes visuels non corrigés ou corrigés de façon inadéquate.

Les opérateurs qui portent des verres correcteurs puissants, peuvent avoir une profondeur de champ très faible. Il est spécialement important pour ces personnes que clavier, écran et documents sur papier soient tous à

la même distance. Les verres à double foyer peuvent causer des problèmes s'ils ne sont pas conçus pour travailler avec TÉA, car on place normalement ce dernier à une distance plus grande que celle utilisée pour lire un texte sur papier. Les doubles foyers favorisent aussi l'adoption de postures qui ne sont pas naturelles lorsque la position de l'écran n'est pas facilement réglable.

A2. EFFETS DE LA POSTURE

Corlett, E.N. et Manenica, I. *The Effects and Measurement of Working Postures.* Applied Ergonomics, 1980, 11:7-16.

On fait la revue de l'utilisation des plaintes de douleur comme indicateur de postures inadéquates sur les lieux de travail. On a montré qu'une mauvaise posture même soit à un effet à moyen terme (douleur qui se poursuit après les heures de travail), soit à un effet à long terme (distorsion corporelle). On a tendance à ne pas voir les effets à court terme, mais ils ont une influence importante sur la performance.

Dans une série d'expériences, ayant demandé aux travailleurs d'indiquer dans l'ordre décroissant les parties de leur corps souffrant davantage, on a quantifié leurs malaises. On posait aussi une question concernant leur confort en général et il semble qu'ils ressentaient un malaise général lorsque plus d'une partie du corps souffrait de douleurs modérées à fortes.

La douleur augmentait avec la durée du travail. De plus, on a trouvé qu'une pause de 3/4 d'heure pour déjeuner contribuait à une récupération relativement faible, et que le taux d'augmentation des malaises était à peu près le même après la pause qu'auparavant. On a trouvé que l'intensité de la douleur était une fonction linéaire du pourcentage du temps d'endurance maximum: c'est-à-dire que lorsque la charge de travail faisait varier le temps d'endurance maximum, le niveau de douleur était proportionnel au pourcentage du temps d'endurance total. Les auteurs concluent que l'on ne peut pas espérer maintenir des postures pendant une partie importante de la journée de travail sans provoquer de douleurs considérables.

Hunting, W., Laubli, T. et Grandjean E. *Constrained Postures of VDU Operators* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.). Londres: Taylor et Francis, 1980.

L'article rapporte les résultats d'une étude sur des opérateurs de clavier et des employés de bureau qui ne tapaient pas. On a évalué les détériorations physiques et la conception du lieu de travail. On a déterminé les détériorations physiques par questionnaire, on a mesuré les dimensions des lieux de travail, et l'on a fait des examens médicaux des muscles et des jointures. Les réponses au questionnaire montraient qu'environ 10-15 pour cent des opérateurs de terminaux d'introduction des données signalaient de façon "presque quotidienne" des douleurs dans le cou, les épaules, ainsi que le bras et la main droite. Environ moitié moins d'opérateurs de terminaux conversationnels et de dactylos rapportaient des douleurs dans ces zones, et presque aucune des personnes étudiées qui ne tapaient pas n'a rapporté de douleurs.

Des constatations médicales concernant les points douloureux de pression dans la zone des épaules, et les douleurs dans le cou et les muscles de l'avant-bras, ont corroboré cet état de fait.

On a interprété ces résultats comme une évidence du fait que des postures tendues peuvent produire des lésions permanentes des muscles et des tendons. Les mesures des dimensions du lieu de travail auraient pu indiquer qu'une cause des problèmes était la hauteur excessive du bureau et du clavier. En fait, on a trouvé qu'il y avait une relation entre une hauteur supérieure du clavier et une diminution de l'incidence des plaintes de malaises physiques. On a pensé que cette relation inattendue s'était produite pour deux raisons: premièrement, lorsque les documents sources étaient posés sur un bureau relativement élevé, la posture de la tête et du tronc était améliorée, reduisant l'incidence des détériorations; deuxièmement, les opérateurs se servant de claviers élevés ont tendance à se reposer les avant-bras et les mains plus souvent. Les auteurs ont recommandé les hauteurs les plus faible des claviers mais avec un support réglable adéquat pour les documents sources. On devrait aussi fournir des supports pour la main et l'avant-bras, surtout si la tâche se caractérise par de fréquents temps d'attente.

Hunting, W., Grandjean, E., et Maeda, K. *Constrained Postures in Accounting Machine Operators.* Applied Ergonomics, 1980, 11:145-149.

On a étudié les effets de postures gênantes sur la fréquence des plaintes d'affection physique chez un groupe de 119 opératrices de machines comptables, ainsi qu'un groupe témoin de 57 caissières d'un magasin à rayons. La tâche des opératrices de machine consistait à retourner avec la main gauche des coupons déposés sur une table, et à introduire au clavier les données numériques qui s'y trouvaient. La vitesse d'introduction variait de 8 000 à 12 000 frappes/heure. Pendant une journée moyenne, les caissières marchaient 58 minutes, se tenaient debout 5 h 25 min, et penchées 62 min.

Pour chaque partie du corps, on a évalué des symptômes comme raideur, fatigue, douleurs et crampes avec une échelle à trois valeurs numériques. Il n'y eut pas de différence entre les deux groupes en ce qui concerne le tronc. Cependant, les opératrices de machine rapportaient des douleurs aux mains et aux bras (plus souvent du côté droit que du côté gauche) à une fréquence significativement plus élevée que les caissières. De façon importante, ces dernières signalaient plus fréquemment que les premières des douleurs intenses aux jambes. Aux questions concernant la santé en général, passablement plus d'opératrices de machines que de caissières rapportaient de la "tension visuelle" et des "douleurs aux yeux".

Les plaintes des opératrices de machines étaient reliées à de mauvaises conceptions du poste de travail, comme orientation impropre du clavier, hauteur inadéquate de celui-ci et des sources de documents, ainsi qu'absence d'un support pour la main et l'avant-bras droit.

Nelson, T.M. et Ladan, C.J. *Patterns and Correlates of Fatigue among Office Workers.* J. Occup. Psychol., 1976, 49:65-74.

On a noté qu'on pouvait relier des caractéristiques individuelles se manifestant sous forme de fatigue et d'ennui à la satisfaction au travail, et qu'on devrait tenir compte des manifestations de fatigue pour planifier les

pauses. L'article rapporte les résultats d'une étude utilisant la liste de contrôle des sensations (Feeling Tone Checklist), mise au point par Pearson et Byars (1957), pour mesurer les variations de la fatigue pendant une journée ou une semaine de travail. Les sujets étaient 89 employés de bureau, dont 28 travaillaient quatre jours par semaine pendant 10 heures par jour en permutant leur jour de congé chaque semaine. Les autres travaillaient cinq jour par semaine pendant 8 heures.

Pendant la semaine, les sensations variaient comme une fonction en U, le lundi et le vendredi étant les maxima, le minimum correspondant au mardi. Des moyennes à l'intérieur de chaque jour montraient que les sensations étaient relativement bonnes et constantes pendant la matinée, mais tombaient de façon très rapide pendant l'après-midi. On n'a pas trouvé de différence significative entre les groupes travaillant quatre ou cinq jours. Les auteurs préviennent que des différences individuelles peuvent causer une variation des résultats, mais les données en question ne sont pas rapportées.

Comme le niveau des sensations étaient élevé en matinée et ne baissait que faiblement, la fatigue pourrait être soulagée en changeant les horaires de l'après-midi. La fatigue ne semblait pas s'accumuler en relation avec les jours de repos, puisque les groupes travaillant quatre ou cinq jours montraient la même variation. Par conséquent, les résultats semblaient dûs à des facteurs de motivation ou de cognition. Cette hypothèse était renforcée par l'observation que les plus vieux employés se sentaient mieux à la fin de la journée. Les auteurs suggèrent que les symptômes de fatigue peuvent être assimilés à ceux résultant d'un manque de stimuli.

A3. CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLOI

Elias, R., Cail, F., Tisserand, M., et Christmann, H. *Investigations in Operators Working with CRT Display Terminals: Relationships between Task Content and Psychophysiological Alterations* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Les plaintes de malaise furent recueillies grâce à un questionnaire chez deux groupes d'opératrices de TÉA. Un groupe dialoguait avec un ordinateur dans le contexte d'une maison d'édition et d'une compagnie de distribution pharmaceutique. L'autre travaillait dans des banques à la saisie en autonome des données. À l'aide d'un enregistreur des mouvements oculaires, on a défini que la saisie des données était une tâche morcelée, comportant une fréquence de va-et-vient plus grande entre l'affichage et les documents que la tâche de dialogue. Elle était aussi plus limitante, demandait moins d'apprentissage et était faite de cycles de travail plus courts.

Le questionnaire montrait que d'une façon importante plus d'opératrices affectées à la saisie des données étaient insatisfaites de leur travail que celles participant au dialogue. De plus, le groupe employé à la saisie des données signalait plus de troubles psychosomatiques comme enflures, constipation, palpitations et douleurs à la poitrine, de malaise psychiques comme anxiété, irritabilité et dépression, ainsi que de sommeil agité. Le groupe travaillant à la saisie des données signalait aussi d'une façon significative plus de symptômes de tension visuelle comme sensations de picotement, flou de la vision, éblouissements, faiblesse de l'acuité visuelle et céphalées. Ce même groupe rapportait aussi passablement plus de douleurs dans le cou, l'épaule droite, le haut et le bas du dos.

Smith, M.J., Stammerjohn, L.W., Cohen, B.G.F., et Lalich, N.R. *Job Stress in Video Display Operations* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.) Londres: Taylor et Francis, 1980.

L'article rapporte les résultats d'une enquête effectuée aux États-Unis par le NIOSH sur des opérateurs de TÉA, qui évaluait leur stress psychosocial et leurs plaintes de malaises. L'étude incluait aussi des groupes témoins. Aux trois endroits, les taux de réponse tendaient à être assez bas pour le groupe expérimental et le groupe témoin.

Les résultats de l'enquête ont montré que tous les groupes de travailleurs signalaient de forts nivaux de stress psychosocial. De même, les résultats indiquaient que les exigences de l'emploi étaient responsables d'une bonne portion du stress et des plaintes de malaises des opérateurs de TÉA, indépendamment de fait qu'ils se servent de TÉA. Comme les opérateurs de TÉA à un endroit se plaignaient davantage de stress et de malaises que leur groupe témoin et les opérateurs de TÉA des deux autres endroits, il semble que l'utilisation de TÉA interagisse avec des facteurs indépendants. Les facteurs d'exigence de l'emploi semblent avoir aussi influencé la sorte de plaintes: à un endroit, les griefs typiques des opérateurs de TÉA étaient, comme prévu, d'origine visuelle et musculaire; aux deux autres endroits, où le futur de l'emploi et les perspectives d'avancement causaient plus d'inquiétude, les opérateurs montraient plus de problèmes psychologiques, comme anxiété et irritabilité.

Les auteurs concluent que des solutions ergonomiques à une conception inadéquate du poste de travail doivent s'accompagner d'une conception appropriée de l'emploi pour maximiser la protection de la santé des opérateurs.

A4. RAYONNEMENT

Anderson, G.E., Tell, R.A. et Youmans, H.D. *Spectral Transmission and Attenuation of X-Radiation by Glasses and Resins used in Color Television Picture Tubes.* IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, **Vol. BTR-16(2)**: 82-88, 1970.

L'article rapporte une étude déterminant les variables affectant les propriétés anti-rayons X de résine d'assemblage et de verres choisis servant à la fabrication des tubes écrans de téléviseur. Les résultats ont montré que les panneaux de verres de sécurité, normalement collés à la résine à l'avant du tube, réduisaient de 75 % l'émission de photons. On a effectué les mesures en affichant une trame verte, puisque d'autres auteurs avaient trouvé que la production de rayons X était plus efficace avec ce luminophore. Il faut spécifier la tension du tube (dans le cas présent, 27,5 kV), puisque la plaque avant devient de plus en plus transparente à mesure que l'énergie des photons augmente. On a rapporté que le flux photonique était maximum à la normale de la surface de l'écran, et que sa densité à un angle d'environ 30° autour de l'axe du tube était la moitié de celle trouvée sur l'axe.

On a étudié les coefficients d'atténuation des différents verres et résines à l'aide d'un émetteur de rayons X dont le spectre d'émission correspondait à celui d'un tube image. En général, on a trouvé que le coefficient dépendait d'une façon prononcée de l'énergie des photons et de l'épaisseur du matériau. Il y avait aussi de grandes différences entre les différents matériaux testés.

Braestrup, C.B. et Mooney, R.T. *X-Ray Emission from Television Sets.* Science, 130: 1071-1074, 1959.

L'article rapporte des résultats d'études évaluant les doses auxquelles les gonades de la population sont soumises à cause des rayons X émis par les tubes images des téléviseurs. Des autorités comme la Commission internationale de protection radiologique, la National Academy of Sciences, et le British Medical Research Council sont d'accord pour dire "que les doses auxquelles les gonades sont soumises devraient être limitées autant que faire se peut, sans sacrifier les nombreux avantages reliés à l'utilisation des rayonnements". Les téléviseurs sont une source potentielle de rayonnement inutile et, comme un fort pourcentage de la population les regardent, même l'émission d'une faible quantité de rayonnement est importante, à cause des effets possibles sur le patrimoine génétique.

On trouvé que l'émission de rayons X changeait beaucoup avec la tension du tube: les auteurs affirment qu'elle varie en fonction de la vingtième puissance de la tension. Si l'on veut que les mesures de rayonnement aient une signification quelconque, il est donc nécessaire que la tension en question soit stable.

Le voltage de la plupart des téléviseurs va de 10 à 25 kV. Le niveau de rayonnement émis par le tube dépend de la distance entre ce dernier et la sonde à mesurer. A cause de la grande surface de la source, il n'y a pas d'effet de distance à moins de 8 cm. Entre 8 et 100 cm, le taux de diminution est moindre qu'à des distances dépassant 100 cm, distance à partir de laquelle l'affaiblissement suit la loi de l'inverse du carré. Le niveau de rayonnement à des distances données dépend de la grosseur de la trame et du potentiel du tube.

Les expériences sur la télévision ont indiqué que le niveau de rayonnement était beaucoup réduit par un mince écran de verre. On a aussi noté que la tension du tube ainsi que la présence ou l'absence de constituants contenant des atomes lourds affectaient grandement l'atténuation.

On a fait des estimations de la dose en profondeur à l'aide d'un fantôme à eau à une distance de 100 cm d'une source de rayons X fonctionnant à 25 kV et 20 mA. On a fait les mesures à 1 et 5 cm dans l'eau, profondeur respective des testicules et des ovaires. On a rapporté que, relativement à l'exposition dans l'air, les doses à ces profondeurs étaient de 75 % à 1 cm et de 10,8 % à 5 cm. L'effet de la tension du tube est mis en évidence par l'observation du fait que la dose à une profondeur de 5 cm était de 0,01 % à 15 kV et de 2 % à 20 kV. La tension du tube est donc ce qui influence le plus la dose en profondeur atteignant les gonades. Un changement de 1 kV peut faire varier la dose que les ovaires subissent par un facteur de six.

La dose administrée aux gonades de la population par les téléviseurs est estimée en se basant sur une moyenne de 1 000 heures d'écoute par personne et par an (on fait l'hypothèse que le niveau de rayonnement est le niveau maximum permissible actuel de 0,5 mR/h à une distance de 5 cm de l'écran). On calcule les valeurs correspondant à des distances d'observation de 100 et 200 cm. Pour les femmes, on estime que la dose annuelle atteignant les gonades à 100 cm est de 4,4 millirads, et, à 200 cm, de 1,1 millirad. Pour les hommes, cette dose à 100 cm est 30 millirads et, à 200 cm, 7,5 millirads. A titre de comparaison, les doses dues au niveau de rayonnement de

fond naturel moyen sont de 100 millirads par année. Les auteurs concluent que l'exposition additionnelle reçue à des distances "normales" d'observation est acceptable.

Buckler, G. *VDT Radiation Levels not Harmful, Tests Show.* Computing Canada, p. 4, 25 novembre, 1980.

Cet article d'un journal rapporte les résultats d'une étude sur 86 TÉA de la compagnie d'assurance-vie Métropolitaine à Ottawa et à Toronto. L'étude, effectuée par une firme-conseil privée, mesurait les niveaux de rayons X et de radiofréquences (RF). Le niveau mesuré le plus élevé de RF était 50 fois inférieur au niveau maximum permissible toléré par le gouvernement. Le compte maximum de rayons X émis par un TÉA était 0,05 mR/h, ce qui est 10 fois moins que le niveau maximum permissible de 0,5 mR/h. On a pensé que des augmentations momentanées de 0,75 mR/h étaient dues à des sources de rayonnement de fond, puisqu'on les a observées aussi en faisant la lecture du niveau de fond. Le rayonnement de fond moyen (rayons X) variait de 0,01 à 0,04 mR/h.

Eleccion, M. *X-Radiation from Colour Television Receivers.* IEEE Spectrum, pp. 95-104, juillet 1968.

L'article résume les questions discutées à la conférence sur la détection et la mesure des rayons X émis par les téléviseurs couleurs tenue par le National Center for Radiological Health (NCRH) du Public Health Service en coopération avec l'Electronics Industries Association (EIA).

Le NCRH a défini le niveau maximum sûr de rayons X émis par un téléviseur comme étant une moyenne de 0,5 mR/h sur une surface de 10 cm^2 à n'importe quel endroit distant de 5 cm (à l'extérieur) de la surface dans des conditions normales de fonctionnement. A une distance d'observation de 2,3 m, ce niveau de rayonnement serait plus faible que le niveau de rayonnement de fond (0,01 à 0,02 mR/h). Par conséquent, l'auteur conclut que la norme de sécurité recommandée par le NCRH est conservatrice.

Un conférencier du NCRH concluait que les normes concernant l'émission de rayons X devraient être basées sur des critères de santé, et devraient souligner l'importance de l'"absence virtuelle" d'émission de rayons X par toute surface d'un téléviseur couleur.

On note que les cibles de masse moléculaire élevée émettent de plus grandes quantités de rayons X, et que plus la vitesse des électrons de la cathode est grande, plus les rayons X émis sont pénétrants ou durs. Un article présenté par la Zenith Radio Corporation indiquait que le masque perforé interceptait 80 % des électrons du faisceau de balayage des téléviseurs couleurs, et que les 20 % résiduels excitaient les luminophores de l'écran. La plus grande partie de l'émission de rayons X provient donc du masque perforé. Les luminophores de différentes couleurs émettent des quantités différentes de rayons X, les niveaux les plus élevés étant obtenus avec le vert, ensuite le bleu, et enfin le moins élevé avec le rouge. Les différences en question proviennent probablement de la différence de masse atomique des luminophores. On a trouvé que le niveau de rayonnement était sensible au voltage du circuit d'alimentation: une augmentation de 5 volts peut le faire doubler.

Une autre communication du NCRH concluait que, même s'il est très peu probable que le rayonnement émis par les téléviseurs puisse produire des effets aigus, on doit s'inquiéter des effets différés d'une exposition chronique. De plus, il faut mettre au point l'instrumentation pouvant fournir des renseignements détaillés sur les faisceaux étroits à haute intensité.

Un exposé en provenance de l'université de Chicago concluait que seulement une dose négligeable de rayonnement pénétrait à la profondeur de la plupart des organes critiques. Seuls les yeux et les testicules étaient situés suffisamment près de la surface pour courir quelque risque.

En conclusion, le recueil indique à M. Eleccion qu'un téléviseur fonctionnant de la façon adéquate émet un niveau de rayonnement ionisant trop faible pour causer des dommages somatiques. Cependant, on reconnaît que la question d'effets possibles à long terme n'est pas résolue, et qu'il faut prendre des dispositions pour maintenir aussi bas que possible le niveau de rayonnement émis.

Harvey, T.S. *Experiments with Rats, Bush Beans, and Tradescantia Plants in the Vicinity of Television Receivers.* IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers, **Vol. BTR-13**: **51-63**, juillet, 1967.

Le rapport décrit des expériences sur les effets biologiques possibles dûs aux rayons X à cause de la proximité d'un téléviseur. Comme les téléviseurs couleurs type ne produisent pas plus de 0,05 mR/h, on a considéré que les rayons X qu'ils émettaient étaient négligeables par rapport au niveau de fond continu.

Le niveau le plus élevé employé pendant l'expérience a été de 1,5 mR/h. La dose accumulée allait jusqu'à 240 fois la dose moyenne pouvant être reçue par un téléspectateur exposé au niveau maximum sûr recommandé pendant 1 000 heures à une distance de 1 mètre. Les rats se dont développés normalement et ont donné des rejetons normaux. Des analyses histologiques n'ont montré aucune anomalie du cerveau, des gonades, de la rate et du sternum. Les plantes sont aussi parvenues à maturité et se sont reproduites normalement.

Santé et Bien-être social Canada. *Les téléviseurs et les rayons X.* **La Dépêche n° 31 (Revisée), Services éducatifs, Direction générale de la protection de la santé, été 1978.**

Le document de trois pages discute brièvement de la nature et des effets des rayons X, il mentionne certaines sources de rayons X présentes dans les services de santé, dans l'industrie, au foyer, et à d'autres endroits comme les aéroports, et il discute des normes fixées pour les téléviseurs. Ce qui nous intéresse surtout ici ce sont ces derniers.

Les téléviseurs en noir et blanc fonctionnent à une tension beaucoup plus basse que les téléviseurs couleurs, et ne constituent donc pas une source d'inquiétude. Une enquête canadienne, effectuée sur des téléviseurs achetés en 1969 ou avant, montrait qu'environ 11 % des appareils testé émettaient des rayonnements au-dessus de la norme internationale acceptée de 0,5 mR/h. On pense que cette norme comporte une grande marge de sécurité. La Loi sur les dispositifs émettant des radiations exige que l'émission de tous les nouveaux téléviseurs vendus au Canada depuis 1975 ne dépasse pas cette norme, même dans le cas de panne ou de défectuosité d'un ou de plusieurs

composants. Les inspecteurs de la Direction générale de la protection de la santé font appliquer la loi en inspectant régulièrement les usines canadiennes fabricant des téléviseurs, et les laboratoires de la Direction générale de la protection de la santé inspectent de façon systématique des échantillons d'appareils importés.

Marshall, E. *FDA Sees no Radiation Risk in VDT Screens.* Science, 212:1120-1121, 1981.

L'article rapporte des témoignages produits par des ingénieurs et des spécialistes en radiologie au sous-comité d'investigation du House Committee on Science and Technology (É.-U.). Les témoignages disaient essentiellement qu'il n'y avait pas lieu de croire que les terminaux à écran d'affichage (TÉA) émettaient des rayonnements dangereux.

On discutait de la possibilité de danger des rayonnements micro-ondes des TÉA. On avait trouvé que ces rayonnements produisaient des cataractes chez les lapins. Lorsque deux opérateurs de TÉA du New York Times furent atteints de cataractes, on a soupçonné les TÉA d'en être responsables. Cependant les mesures ont montré que les TÉA ne produisaient pas de rayonnement micro-onde.

Le directeur du Bureau of Radiological Health de la Food and Drug Administration a souligné que 4 % de la population entre 35 et 45 ans souffre de cataractes par cause naturelle. Comme environ 7 millions de personnes se servent régulièrement de TÉA aux É.-U., il serait statistiquement normal que 280 000 de ces usagers souffrent de cataractes à un âge assez jeune.

Moss, C.E., Murray, W.E., Parr, W.H., Messite, J., et Karches, G.J. *A Report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals.* National Institute for Occupational Safety and Health, rapport n° NIOSH 78-129, décembre 1977.

On a mesuré le rayonnement électromagnétique (ÉM) émis par plusieurs modèles et plusieurs genres de TÉA. On a examiné la région des rayons X du spectre ÉM, la région visible s'étendant dans l'ultraviolet et l'infrarouge, et la région des radiofréquences (RF). On n'a pas examiné la région des micro-ondes. Le rayonnement ultraviolet émis par les TÉA avait six ordres de grandeur de moins que la norme pour exposition professionnelle. On ne pouvait pas détecter de rayonnement infrarouge ni de RF. L'émission de rayons X par les TÉA étaient d'environ le tiers de la norme pour exposition professionnelle de 2,5 mR/h. Le rapport concluat que le rayonnement ÉM des TÉA est considérablement plus faible que les normes actuelles de sécurité.

Murray, W.E., Moss, C.E., Parr, W.H., et Cox, C. *A Radiation and Industrial Hygiene Survey of Video Display Terminal Operations.* Human Factors, 1981, 23: 413-420.

A la demande de plusieurs syndicats de travailleurs représentant trois compagnies différentes, le NIOSH a effectué une enquête. Des mesures de rayonnement électromagnétique ont été effectuées sur 136 échantillons choisis parmi 530 TÉA, et des échantillons d'air de la salle de travail ont été analysés pour mesurer les niveaux ambiants d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone, de formaldéhyde, et d'acide acétique. L'étude n'a trouvé aucune indication de danger causé soit par le rayonnement, soit par les contaminants chimiques. Des taux d'exposition aux rayons X aussi faibles que 0,05 mR/h pouvaient être mesurés avec une précision globale de plus ou moins 15 %.

Wang, Y-S. *Measurement of Ionization Radiation from Color Television Receivers by Thermoluminescent Dosimeters.* Health Physics, 28(1):78-80, 1975.

L'article présente une nouvelle technique de thermoluminescence très sensible à de faibles doses de rayons X. À Taïwan, on a utilisé cette technique pour mesurer l'émission de rayonnements ionisants par 28 téléviseurs couleurs domestiques choisis au hasard. Dans des conditions normales de fonctionnement, les niveaux de rayonnement variaient de 0,001 à 0,255 mR/h. Les données concernaient des tubes images de 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20 et 25 pouces. En moyenne, les niveaux de rayonnement mesurés à côté des appareils étaient d'environ 27 % de ceux mesurés en face. Les niveaux émis en face des appareils de 20 et 25 pouces étaient environ le double de ceux des appareils de 19 pouces et moins. Les niveaux d'émission mesurés en face d'appareils de 20 pouces étaient d'environ 17 % de ceux mesurés à l'intérieur des téléviseurs, autour du tube image.

DONNÉES DE CONTRÔLE DE DOCUMENT DU CRC

1. **ORIGINE:** Ministère des communications/Centre de recherches sur les communications

2. **N° DU DOCUMENT:** Note Technique N° 712-F du CRC

3. **DATE:** Février 1982

4. **TITRE DU DOCUMENT:** Revue des aspects santé et sécurité des terminaux à écran d'affichage

5. **AUTEUR(s):** W.C. Treurniet

6. **MOTS-CLÉS:**
   (1) Vidéo
   (2) Terminaux
   (3) Santé

7. **DOMAINE D'APPLICATION ET GROUPE (COSATI)**
   05 Sciences sociales et du comportement
   05 05 Étude des facteurs humains

8. **RÉSUMÉ:** Comme le résumé de la page 1

9. **CITATION:**

RP&DS 01-03-76